

7

55^e jaargang

NATUUR '87 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



FEROMONEN/LICHT ALS INFORMATIEDRAGER/HOUTBIJEN/LAC D'ARSINE/
ORCHIDEËN/HUBBLE SPACE TELESCOOP



Er gaat wel eens wat mis. Vandaar dat op de pagina hiernaast een tekst en een fotootje staan die niets met de omslag van de maand te maken hebben. Er moest staan:

Bij de omslag

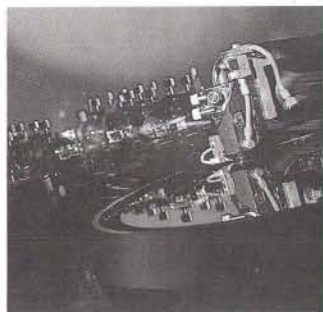
Het gebruik van licht als informatiedrager is een nieuwe trend in de technologie. Men werkt in dat verband met verbeterde lasers, glasvezels voor telecommunicatie, optische computers en methoden om optische informatie vast te leggen en weer te geven. Voor dat laatste worden onder andere beeldplaten gebruikt. De foto toont een met beeldplaten geladen juke-box. Zie verder het artikel op pag. 546 e.v.

(Foto: PTT-Telecommunicatie/Lex van Pieterse, Den Haag)

NATUUR '87 & TECHNIEK

Losse nummers:
f 9,25 of 175 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



Bij de omslag

Op dit masteringsapparaat worden optische informatiedragers zoals beeldplaten vervaardigd met behulp van een laser. Licht gaat een steeds belangrijker rol spelen als informatiedrager, zoals u kunt lezen op pagina 546 e.v.

(Foto: Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven)

Hoofredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs W.G.M. Köhler, Drs T.J. Kortbeek.

Secretaris: R. van Eck.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelein,

Drs C.F.M. de Roos, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P.

Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M.

v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israël, Drs J.A. Jasperse,

Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk,

P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M.

Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluyer-

ser, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W.

Fiers, Prof dr J. H. Oort, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. Van de

Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-van den Heuvel, M. Verreijt, E. Vijgen.

Druk.: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-1223*.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

EURO
ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.



Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

INHOUD

| | |
|--------------|-----|
| AUTEURS | IV |
| HOOFDARTIKEL | 533 |

| | |
|-------------------|-----|
| ORCHIDEEËN | 534 |
|-------------------|-----|

Bizarre superspecialisten

H.P.M. Hillegers

Door hun genetische flexibiliteit hebben orchideeën, als laatkomers in de evolutie, zich in een betrekkelijk snel tempo weten aan te passen in een wereld die al volledig begroeid leek. Dat deden ze onder andere door symbiotische relaties met andere planten aan te gaan. Helaas is de succesvolle strategie van deze superspecialisten niet bestand tegen de expansiezin van de mens, die tot vernietiging van veel biotopen leidt. En dat terwijl de mens juist een bijzondere belangstelling voor deze planten aan de dag legt. De orchideeën trekken met hun vaak bizarre pracht veel liefhebbers aan.

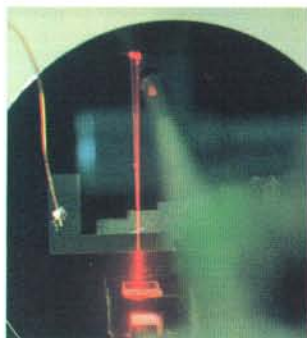


| | |
|-----------------|-----|
| FOTONICA | 546 |
|-----------------|-----|

Licht als informatiedrager

P. Meyrueis

Licht breekt door in de automatisering en de telecommunicatie. In deze sectoren werkte men tot voor kort uitsluitend met elektronische technieken: men liet elektronen het werk doen. Door de ontwikkeling van de fotonica nemen lichtgolven geleidelijk aan de plaats van elektronen in. De vorderingen op dit gebied gaan snel en voltrekken zich in alle onderdelen van de betrokken systemen: de lichtbronnen, de lichtgeleiding en het vastleggen en weergeven van gegevens. Men zet momenteel zelfs de eerste stappen op weg naar de optische computer.



| | |
|------------------|-----|
| HOUTBIJEN | 558 |
|------------------|-----|

Tussen holletje en honingraat

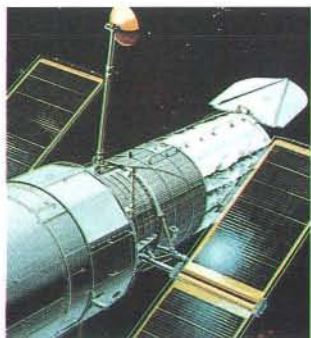
H.H.W. Velthuis

Bijen gelden algemeen als sociale insecten. De meest bekende soort, de honingbij, leeft immers in strak georganiseerde kolonies, waarin ieder dier een eigen plaats in de hiërarchie en daarmee samenhangend een eigen taak heeft. Er is echter een groot aantal soorten dat solitair leeft. Tussenvormen komen ook voor. De houtbijen bijvoorbeeld kennen vormen die een sociaal gedrag vertonen, waarbij enkele vrouwtjes gezamenlijk nestelen. Studie van het gedrag van deze bijen verschaft inzicht in de manier waarop de verschillende sociale verbanden in de evolutie tot stand gekomen zijn.



NATUUR '87 & TECHNIEK

juli/ 55^e jaargang/1987



HUBBLE SPACE TELESCOPE

572

Sterrenwacht in de ruimte

G. Kiers

De Hubble Space Telescope is voor astronomen een droom die hopelijk werkelijkheid wordt. In een baan rond de aarde, vrij van de storende werking van de dampkring, zal deze telescoop tien maal verder het heelal inkijken en honderd maal zwakkere objecten zien dan aardse telescopen. De grote hoeveelheid informatie die de ruimtetelescoop zal leveren, moet enkele fundamentele problemen tot een oplossing brengen. Men verwacht er grote sprongen voorwaarts van, maar geen revolutionaire omwentelingen. Als het tenminste ooit van de lancering komt.



LAC D'ARSINE

582

Alpenmeer afgetapt

J.M.U. Keyser

Het Lac d'Arsine is een meertje in de Franse Alpen, dat aan de voet van een gletsjer ligt. Het bestaat nog niet zo lang; zo'n 35 jaar geleden werd het voor het eerst op luchtfoto's gezien. Door allerlei oorzaken werd het meer elk jaar groter. Twee jaar geleden was het waterpeil zo dicht onder de rand van de morene gekomen dat het gevaar van een doorbraak niet denkbeeldig was. In dat geval zou een enorme modderstroom twee dorpjes in het dal bedreigen. Een en ander leidde ertoe dat men vorig jaar besloot het meer af te tappen.



FEROMONEN

590

Chemische telecommunicatie

N. De Kimpe

Niet alleen mensen, ook dieren onderhouden een intensieve communicatie met elkaar en met hun omgeving. Deze communicatie kan betrekking hebben op het doorgeven van alarmsignalen, het lokken van partners of het aangeven van voedselbronnen. Chemische communicatie, waarbij de boodschap door middel van chemische stoffen wordt overgebracht, neemt bij dieren een belangrijke plaats in. Feromonen zijn stoffen die een dergelijke communicatiefunctie hebben.

ANALYSE EN KATALYSE

600

Opkomst en val van een briljant onderzoeker/Wind mee/Biotechnologie in Zimbabwe/Geleerde twijfel aan SDI

ACTUEEL

611

BEZIENSWAARDIG

613

FOTO VAN DE MAAND/PRIJSVRAAG

615

Drs H.P.M. Hillegers ('Orchideeën') is op 24 maart 1940 in Meerssen geboren. Hij studeerde biologie aan de Rijksuniversiteit Groningen van 1964 tot 1969. Daarna was hij een tijd lang werkzaam in het onderwijs. Momenteel werkt hij aan een vegetatiekundig proefschrift over typisch Limburgse terreinen.

Prof dr P. Meyrueis ('Fotonica') is als hoogle-
raar verbonden aan de afdeling elektrotech-
niek van de Louis Pasteuruniversiteit in
Straatsburg. Hij houdt zich daar vooral bezig
met onderzoek naar de toepassingen van licht
in informatiesystemen.

Dr H.H.W. Velthuis ('Houtbijen') is op 24 ju-
ni 1936 in Winschoten geboren. Hij studeerde
biologie aan de Rijksuniversiteit Utrecht van
1954 tot 1962. Daarna trad hij in dienst bij het
Laboratorium voor Vergelijkende Fysiologie
van die universiteit, waar hij zich met de ge-
dragsecologie van bijen bezighoudt. Sinds
1978 is hij regelmatig in Israël voor het onder-
zoek van houtbijen. Hij promoveerde in 1971.

Drs G. Kiers ('Space Telescope') is op 24 mei
1956 in Meppel geboren. Hij studeerde natuur-
kunde en sterrenkunde aan de Rijksuniversi-
teit Groningen van 1974 tot 1982. Daarna
werkte hij bij het Laboratorium voor Ruimte-
onderzoek in Leiden aan de bouw van een
gammatelescoop. Sinds vorig jaar werkt hij bij
de uitgeverij Reidel in Dordrecht.

J.M.U. Keyser ('Lac d'Arsine') is geboren in
Utrecht op 15 februari 1954. Van 1976 tot
1981 studeerde hij biologie en geografie aan de
Nieuwe Leraren Opleiding in Utrecht. Sinds
1981 is hij als docent biologie, geografie en in-
formatica verbonden aan de Koningin Emma-
school in Aalst.

Dr ir N. De Kimpe ('Feromonen') is geboren
in Zele op 5 juli 1948. Hij studeerde scheikun-
de aan de Rijksuniversiteit Gent en is vanaf
zijn afstuderen in 1971 verbonden aan het La-
boratorium voor Organische Scheikunde van de
Gentse faculteit Landbouwwetenschappen.
Hij promoveerde in 1975 en is sinds 1985 ge-
aggregeerde voor het hoger onderwijs.

Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

AIDS

De ziekte AIDS (Acquired Immune Defi-
ciency Syndrome) neemt onderhand de
vorm van een epidemie aan. Het aantal
mensen dat drager van het virus is
neemt gestaag toe; het aantal mensen
dat daadwerkelijk ziek wordt eveneens.
AIDS-patiënten vertonen een sterke
vermindering van de weerstand tegen
infecties. Ze sterven vaak aan aandoen-
ingen die bij een gezond immuun-
systeem geen kans zouden krijgen.
Rond de medische en maatschappelij-
ke aspecten van AIDS bestaat nog veel
verwarring. Dit cahier biedt op een we-
tenschappelijk verantwoorde wijze in-
zicht in deze aspecten.

Inhoud en auteurs

AIDS en syfilis

Drs F.A. Stemvers

De AIDS epidemie

Dr A.A. van Es

Het ziektebeeld

Dr S.A. Danner

De speurtocht naar de verwekker van AIDS

Dr P. Bentvelzen

Nederlands onderzoek op grote schaal

R.A. Coutinho

Bloedtransfusie en AIDS

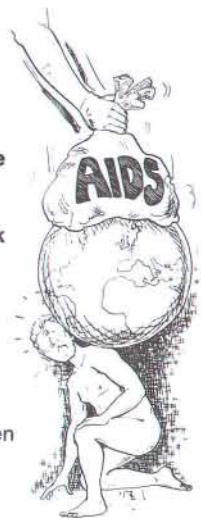
Prof dr V.P. Eijssvoogel

Gevolgen voor de homo-cultuur

Drs J.W. van der Linden

Voorlichting en preventie

Drs H. Moerkerk



Het cahier AIDS, compleet met een bijlage
met de nieuwste ontwikkelingen, kan besteld
worden bij Natuur en Techniek - Informatie-
centrum - Postbus 415, 6200 AK Maas-
tricht, tel. 043-254044, vanuit België:
00-3143254044. Het kost f 7,50 (145 F).

Licht

Blijkens het artikel van Patrick Meyrueis (pag. 546) heerst er een wat nerveuze sfeer in de verschillende laboratoria waar men zich bezig houdt met fotonica: zeg maar elektronica maar dan met fotonen in plaats van elektronen. Die nervositeit heerst vooral in Europa. Er is in hoog tempo een grote wereldmarkt aan het ontstaan voor toepassingen van de fotonica, en het Europese aandeel in de totale wereldproduktie op dit gebied is (of vindt men) veel te klein. De markt wordt, net als bij een aantal elektronische produkten, vrijwel geheel beheerst door de VS en Japan.

Er worden in het artikel geen andere oorzaken van deze marktverhouding genoemd dan de stand van de technologie. Dat kan het gevolg zijn van de professionele status van de auteur en van dit blad: problemen van management en marketing behoren niet tot zijn en ons gewone werkgebied. Er kan ook werkelijk sprake zijn van een technologische achterstand van Europa. Of dat op een bepaald moment de doorslag moet geven blijft te bezien: ook in computerland, maar evenzeer bij auto's en landbouwprodukten kan men lang niet altijd zeggen dat de technologisch geavanceerde ook het grootste marktsucces heeft.

En ook wanneer de oorzaak werkelijk ligt in een technologische achterstand, dan lijkt het onwaarschijnlijk dat Amerikanen en Japanners (kan men een groter cultuurverschil binnen de industriële wereld denken?) zoveel meer talent op het gebied van de fotonica hebben dan Europeanen. Ook dan moet het verschil toch hoofdzakelijk gezocht worden op het gebied van het onderzoeksmangement.

Nu is dat management altijd al verre van gemakkelijk, maar in dit geval, overigens analoog aan de situatie bij elektronica, nog eens extra onoverzichtelijk. Fotonica is immers een soort basistechnologie, het verwerken van fysische kennis in werkende apparaten — maar die apparaten zijn niet het einddoel, die moeten zelf nog weer, in een voergang die veel structurele overeenkomst vertoont met die van fysica naar apparaat, worden toegepast in de produkten die op de markt komen.

Daarvan is nu al een verbazende variatie bekend: van sterrenkundige apparatuur tot platenspelers, van futuristische wapensystemen tot videofoons. Goed management lijkt daarbij vooral gericht te moeten zijn op de verhouding tussen basistechnologie en produktentechnologie. Er zal een begrijpelijke neiging zijn vooral de basistechnologie aan te pakken die voor een voorgenomen produktenpakket gewenst is.

Dat houdt evenwel een remmende werking in: men maakt de kans op doorbraken op die manier wel erg klein. Alleen als men een ruim kader aan geeft voor het werk aan basistechnologieën heeft men een heel behoorlijke kans op een doorbraak. De fysica zelf zal voorlopig wel niet voor grote verrassingen zorgen. Dan kan de voorsprong die anderen nu hebben tot een remmende worden.

H.P.M. Hillegers
Meerssen



B



C



E



F



A

Bizarre superspecialisten

Sinds hun ontstaan, zo'n twee miljoen jaar geleden, is het de orchideeën letterlijk voor de wind gegaan. Hun stoffijn zaad bereikte alle uithoeken van de aarde. Door hun genetische flexibiliteit hebben deze laatkomers in de evolutie zich in een betrekkelijk snel tempo weten aan te passen in een wereld die al volledig begroeid leek te zijn, onder meer door gebruik te maken van symbiotische betrekkingen met andere organismen. Helaas blijkt de succesvolle levensstrategie van deze bizarre specialisten niet bestand te zijn tegen de ongebreidelde expansiedrift van de mens, die in een razend tempo bestaande biotopen vernietigt en ondanks zijn huidige inzichten in ecologische processen, nauwelijks in staat is om zijn eigen milieu in stand te houden.



D

ORCHIDEEËN

De vormen- en kleurenpracht van orchideeën is uniek. Op deze pagina's is een aantal Europese soorten te zien: de vliegenophrys (*Ophrys insectifera*) (A), het venusschoentje (*Cypripedium calceolus*) (B), de spiegelophrys (*Ophrys speculum*) (C), de keverorchis (*Listera ovata*) (D), de brede tongorchis (*Serapias cordigera*) (E) en een hybride van laatstgenoemde soort en de ijle moerasorchis (*Orchis laxiflora*) (F).

Wie een goedgesorteerde boekhandel binnenstapt om wat in botanische literatuur rond te snuffelen, zal spoedig kunnen vaststellen dat het aantal titels in zake orchideeën ongeveer even groot is als dat met betrekking tot alle overige botanische onderwerpen samen. En dat terwijl het aantal in Nederland voorkomende soorten orchideeën nog geen 3% van de totale Nederlandse flora omvat. Dit jaar nog verschijnt het derde boekwerk over de herkenning en verspreiding van de in Nederland inheemse soorten. Nauwelijks vijf jaar geleden verscheen er al een, eveneens oorspronkelijk nederlandstalig, standaardwerk over Europese orchideeën. In Europa zijn ook diverse tijdschriften over dit onderwerp op de markt. In Nederland en België is dat het blad *Orchideeën*, met name gericht op mensen die orchideeën kweken. Het zijn echter niet alleen beroepsorchideeënkwekers, -handelaren en -fotografen die in deze fascinerende planten geïnteresseerd zijn. Het aantal 'gewone' liefhebbers is een veelvoud daarvan.

Inderaad, orchideeën zijn immens populair en dat zou wel eens kunnen liggen aan de bizarre specialisaties, waardoor deze plantengroep zich zo duidelijk van de andere groepen bedektzadigen onderscheidt. Daarover gaat dit artikel.

Systematiek en evolutie

Planten met echte bloemen en zaden, de zogenaamde bedektzadigen, vertegenwoordigen in de evolutie een betrekkelijk nieuwe groep organismen. Deze plantengroep is ongeveer tegelijkertijd met de zoogdieren ontstaan, zo'n 130 miljoen jaar geleden.

De bedektzadigen zijn onder te verdelen in monocotyle en dicotyle soorten (één- en tweezaadlobbigen), waarvan de monocotylen evolutionair gezien het jongste zijn. Naast de grassen, qua bedekking de belangrijkste vertegenwoordigers van de éénzaadlobbigen, behoren ook de orchideeën tot deze groep. Met naar schatting 20 000 soorten vormen de Orchidaceae de grootste plantenfamilie die wij kennen. Om te overleven heeft de orde der orchideeën een heel andere strategie gekozen dan de grassen.

De door de grassen gekozen levensstrategie bestaat onder andere daarin dat zij 'passief vraatresistent' zijn. Doordat groei vanuit de

stengelbasis plaatsvindt, zijn zij in staat begrazing door plantenetende zoogdieren snel te boven te komen. De orchideeën daarentegen kozen voor een meer actieve strategie. Giftige stoffen in bladeren, knollen en bloeiwijzen maken hen voor hun belagers ongenietbaar, of op zijn minst onaantrekkelijk als voedsel. Bovendien nemen de orchideeën, in tegenstelling tot de grassen, slechts een fractie in van de biomassa van de biotopen, waarin zij voorkomen. Vooral in de keuze van het aantal gekoloniseerde biotopen overtreffen zij de grassen ruimschoots. Orchideeën komen werkelijk overal op aarde voor. In de tropen is de soortenrijkdom wel het grootst.

De succesformule van deze nieuwkomers in de evolutie lijkt gebaseerd te zijn op een verre gaande specialisatie en adaptatie aan zeer uiteenlopende milieus. Naast de reeds genoemde actieve vraatresistentie danken de orchideeën hun succes aan een enorme zaadproductie, hun genetische flexibiliteit en aan een verre gaande samenwerking met specifieke insecten en bodemschimmels.

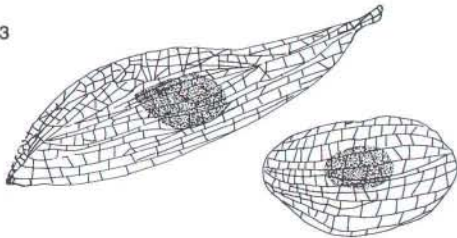
1





2

3



1. Epifytische orchideeën komen alleen voor in gebieden waar de luchtvochtigheid groter is dan 50%. Deze epifytische soort, *Diaphanthes pellucida*, groeit onder meer op bomen langs de kustlijn van Kameroen.

2. Al eeuwen lang hebben de bizarre bloembouw en de grote variatie in bloemkleur van orchideeën inspirerend gewerkt op beeldende kunstenaars. De oudste, weinig natuurgetrouwe, afbeeldingen stammen uit de laat-middeleeuwse kruidboeken. De nauwkeurige afbeeldingen hiernaast van soorten, die destijds standelkruid (*Orchis bicornis*) (fig. 1), *Orchis cornuta* (fig. 2) en *Satyrion carpense* (fig. 3) genoemd werden, zijn ontleend aan de 'natuurlijke historie' van Linnaeus uit 1780.

3. Zaden van de bruinrode wespensorchis (*Epipactis atropurpurea*). Orchideeënzaden zijn microscopisch klein en vederlicht. Het netvormige omhulsel waarborgt een groot zweefvermogen en daarmee een effectieve verspreiding. De enorme zaadproductie lijkt een compensatie te zijn voor de hoge eisen die orchideeën aan hun omgeving stellen.

Ecologische specialisten

Plantesoorten zoals grassen en orchideeën, die zich pas relatief laat in de evolutie ontwikkelden, stonden voor het probleem dat zij zich moesten vestigen in een reeds miljoenen jaren oude plantenwereld, bestaande uit concurrentiekrachtige en overwegend houtige soorten. In het altijd groene loofbos van destijds was er voor nieuwkomers immers nauwelijks plaats. Voor deze kruidachtige soorten betekende dit, dat zij geschikte vestigingsplaatsen moesten zoeken ofwel op nieuwe plaatsen in bestaande bossen, ofwel daar waar plaatselijk of tijdelijk (nog) geen bos aanwezig was.

In de tropische oerwouden hebben orchideeën zich in de boomkruinen weten te vestigen, op plaatsen waar nog zonlicht beschikbaar was. Een dergelijke leefwijze, waarbij de plant geen voedsel aan de boom onttrekt, noemt men *epifytisch*. In het schemerdonker op de bosbodem vonden *parasitische* soorten met weinig of geen bladgroen nog leefruimte. Ook milieus waar geen bos aanwezig was koloniseerden zij, bijvoorbeeld boven de boomgrens gelegen alpenweiden, evenals de

toendra's van het hoge noorden en kurkdrege steppen, respectievelijk te nat en te droog voor boomgroei. Wanneer, zoals hier, de bodem het substraat vormt, spreekt men van een *terrestrische* soort. Grote expansiemogelijkheden deden zich voor toen, door toedoen van de mens, bossen op grote schaal gerooid werden of veranderden in cultuurbossen. De meeste orchideeënsoorten in Europa komen namelijk voor in zogenaamde half-natuurlijke milieus zoals hakhoutbossen, rietmoerassen, beweide graslanden, hooilanden, enige jaren braakliggende akkers en olijfboomgaarden.

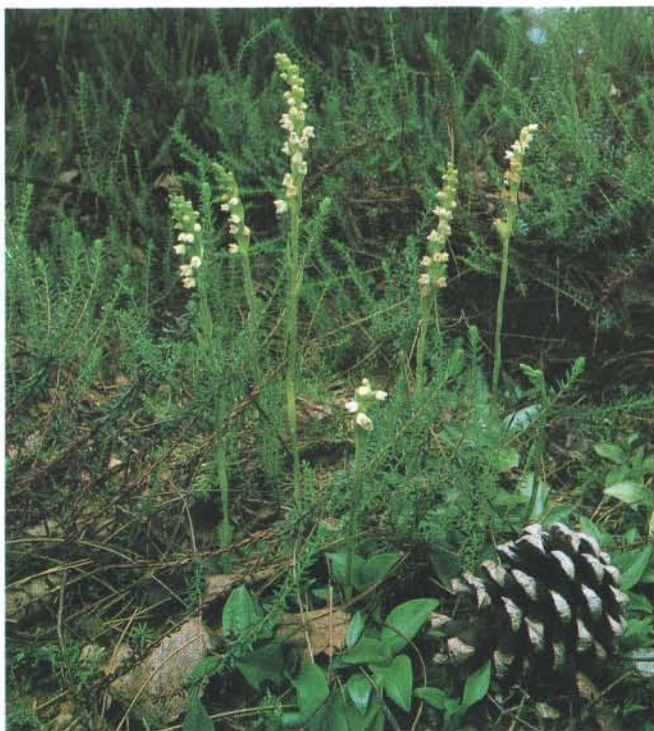
Samenspel

De snelle kolonisaties van deze milieus is mede mogelijk gemaakt door een vergaande coöperatie met andere organismen, zoals de hen bestuivende insecten. Dit blijkt allereerst uit de uiterst gespecialiseerde bloembouw. Die is zodanig dat alleen bepaalde insectensoorten worden aangelokt. Zo wordt de kans op een succesvolle bestuiving vergroot.

De bloembouw der eenzaadlobbigen, waartoe ook de orchideeën behoren, kenmerkt zich door het grondgetal drie: drie kelk-, drie kroonbladeren en een driehoekig vruchtbegin-sel. De bloem is eenzijdig symmetrisch doordat één kroonblad geheel anders van vorm is dan de andere twee. Dit afwijkende kroonblad, dat meestal naar beneden is gericht, noemt men de lip. Het is een karakteristiek kenmerk van alle orchideeënbloemen. Boven de lip bevindt zich het zuiltje, een speciaal orgaantje waarin de stamper en de meeldraden zijn verenigd. Onderaan het zuiltje bevindt zich het kleverige stempeloppervlak. Daarboven zijn de stuifmeelbevattende meeldraden opgesteld. In tegenstelling tot vrijwel alle plantenfamilies, bestaat het orchideeënstuifmeel niet uit een los poeder maar wordt het door een kleefpasta tot een tweetal klompjes samengepikt. Deze *polliniën* staan op steeltjes, elk voorzien van een hechtschijf. Dit aanhechtingsorgaan wijst in de richting van de lip, waar de bloembezoeker landt.

De specifieke bestuiver wordt aangelokt

4



5



4. De dennenorchis (*Goodera repens*) plant zich overwegend vegetatief voort. Daardoor kan deze soort in dennenbossen plaatselijk in grote kolonies voorkomen. De plant heeft een levenscyclus van drie jaar. Na één jaar is de bladrozet volledig ontwikkeld. In het tweede jaar ontwikkelen zich stengel en bloeiwijze en na de bloei in het jaar daarop sterft het bovengrondse deel af. Vervolgens vormen de ondergrondse uitlopers nieuwe scheuten.

5. De half-parasitische vogelnestorchis (*Neottia nidus-avis*) bezit vrijwel geen bladgroen en is voor zijn voedselvoorziening geheel afhankelijk van de bodemschimmel waarmee hij samenleeft. De bladeren zijn gereduceerd tot enkele bleekbruine schubben. De naam vogelnestorchis is afgeleid van het vlezig, vertakte wortelstelsel.

6. Wereldwijd schat men het aantal soorten orchideeën momenteel op 20 000. Voortdurend worden er echter nog nieuwe soorten beschreven. De soort *Ophrys aveyronensis*, ontdekt op een kalkgrasland in Zuid-Frankrijk, werd pas vijf jaar geleden voor het eerst beschreven, een vrij opmerkelijk gegeven omdat de vindplaats van deze orchidee in een door floristen druk bezocht gebied ligt.



6

door speciale geuren, vormen en kleuren van de bloem. De meeste soorten gebruiken de klassieke nectar als lokmiddel. Veelal zit de nectar diep verborgen in de spoor, een buisvormig aanhangsel van de lip. Bij een poging om de nectar te bemachtigen, stoot de bestuiver, bijvoorbeeld met zijn kop, tegen de hechtschijfjes. Met de gesteelde stuifmeelklompjes op zijn kop bezoekt het insect de volgende bloem. Inmiddels zijn de steeltjes wat verslapt en wanneer de bezoeker op het punt staat zijn volgende beloning te incasseren, stoten de naar voren gerichte polliniën precies tegen het kleverige stempeloppervlak. De bestuiving is een feit.

Op dit thema bestaan vele variaties. Vaak worden insecten ook onder valse voorwendselen tot een bloembezoek verleid. Een aantal *Ophrys*-soorten is hierin zeer bedreven. Hun bloemen lijken in alle opzichten, tot en met de geur, op de vrouwelijke partner van de betreffende bestuiver. Het insektemannetje denkt met een vrouwelijke soortgenoot van doen te hebben en probeert met de bloem te copuleren. Daarbij komen de stuifmeelpakketjes op zijn lijf terecht.

Naast insecten behoren bodemschimmels tot de vaste partners van orchideeën. Orchideeën zijn, tenminste voor een deel van hun leven, obligaat voorzien van een *mycorrhiza*-

schimmel, een specifieke bodemschimmel waarmee de wortels innig vergroeien. Bovengrondse delen worden niet geïnfecteerd. Tussen de orchidee en de schimmel bestaat doorgaans een symbiotische relatie waar beide organismen voordeel van hebben. Zonder de aanwezigheid van de schimmel kan het minuscule orchideeëenzaad, dat geen reservevoedsel bevat, niet kiemen. De orchidee parasiteert tijdens dit stadium in feite op de schimmel. Bij veel orchideeën beperkt de symbiose zich grotendeels tot het moment waarop zij zelf organische voedingsstoffen kunnen produceren. De schimmel profiteert hiervan. Bladgroen-arme soorten als *Neottia nidus-avis* en *Coralorhiza trifida* zijn echter voor hun voeding blijvend op de schimmel aangewezen. Deze leeft *saprofytisch*, dat wil zeggen van dood organisch materiaal (humus) uit de bodem.

Genetische flexibiliteit

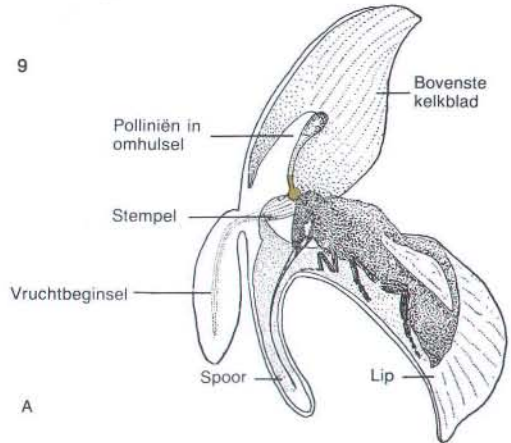
Volgens het klassieke soortsbegrip, zoals Linnaeus dat definieerde, worden organismen met een gelijk uiterlijk tot één soort gerekend, wanneer ze vruchtbare nakomelingen voortbrengen. Bovendien levert een organisme dat

7. Als de bestuiver te lang op zich laat wachten, gaat de bijenorchis (*Ophrys apifera*) tot zelfbestuiving over. De gesteelde stuifmeelpakketjes (polliniën) buigen voorover en beroeren de stempel.

8. *Epipactis philanthes* var. *degenera* is voor zijn voortplanting niet afhankelijk van insecten. In de gesloten bloemen vindt zelfbevruchting plaats.

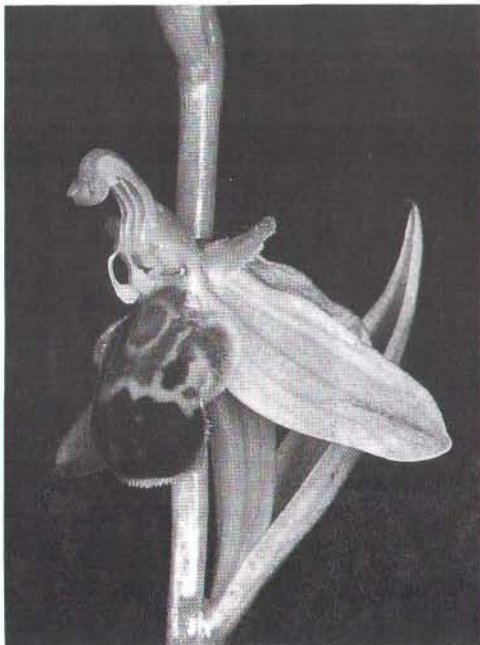
9. Bestuiving van een *Orchis*-bloem door een hommelp (naar W. Hamilton Gibson). A. Bij een poging om de nectar in de spoor te bemachtigen, stoot de hommelp tegen de hechtschijfjes van de gesteelde stuifmeelpakketjes. B. Met de polliniën op zijn kop verlaat het dier de bloem. C. Bij het bezoek aan de volgende bloem raken de inmiddels voorover gebogen polliniën precies de kleverige stempel.

9



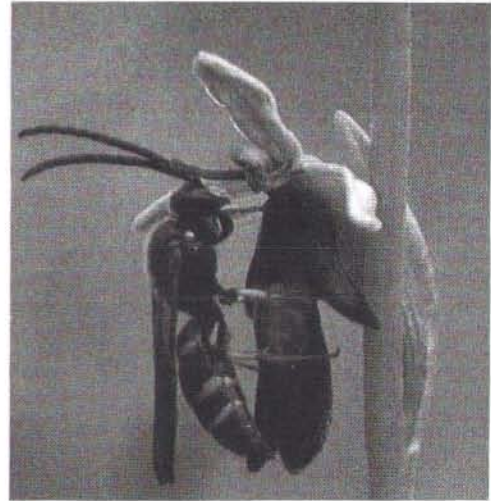
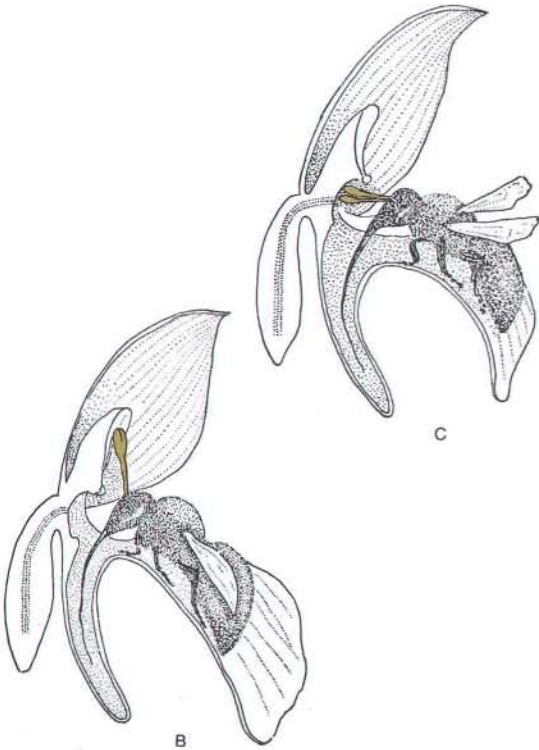
A

7



8





10

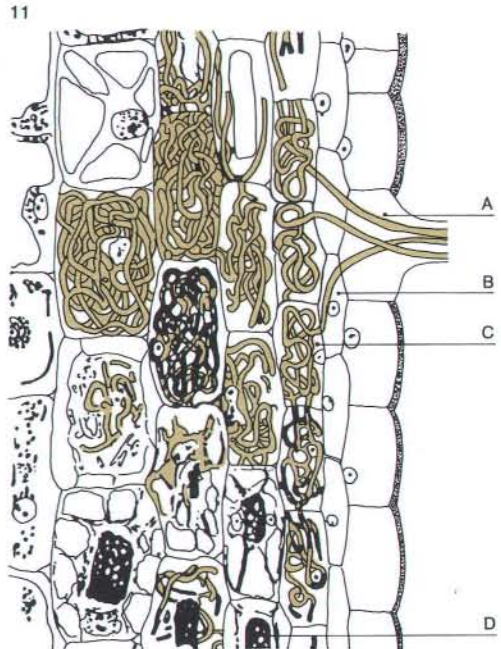
10. De gelijkenis tussen de vliegenorphys (*Ophrys insectifera*) en zijn bestuiver, een graafwesp, is frappant. Qua geur, grootte, kleur en beharing lijkt de bloem sprekend op de vrouwtjesgraafwesp.

11. Lengtedoorsnede door een wortel van *Plantanthera chlorantha*. De schimmeldraden, die via een wortelhaar (A) binnendringen, nemen bezit van de cellen (B) onder de subepidermis (C). De orchidee remt de groei van de schimmel enigszins af door een deel van de hyphen te verteren. De schimmelresten blijven als klompjes achter (D).

zichzelf bevrucht meestal geen vruchtbare nakomelingen op. Kruisbestuiving, waarbij stuifmeel van de ene plant terecht komt op de stempel van een andere plant van dezelfde soort, is dus regel.

Orchideeën gedragen zich echter in beide opzichten uiterst flexibel. In de eerste plaats komt bij de meeste soorten een bestuivingsinrichting voor, die op kruisbestuiving duidt. Komt de bestuiver echter niet op tijd opdagen, dan past een aantal soorten zelfbestuiving toe. Doordat de pollenklompjes uit hun omhulsel vrijkomen en de steeltjes krommen, komen ze op de daaronder gelegen stempel terecht. Bij een beperkt aantal soorten is zelfbestuiving zelfs de enige mogelijkheid van seksuele voortplanting. Deze zogenaamde *cleistogame* soorten bloeien zonder hun bloemen te openen. Een enkeling schijnt zelfs ondergronds tot bloei te kunnen komen. Het is voorlopig nog een raadsel hoe de zaadverspreiding in een dergelijk geval gebeurt.

Op de tweede plaats blijken soorten binnen



12. Massale bloei van hondskruid (*Anacamptis pyramidalis*) in de orchideeëntuin in het Gerendal (Zuid-Limburg). Al meer dan twintig jaar geleden was het duidelijk dat het aantal soorten in Limburg drastisch achteruit ging. Wijziging van het beheer van bossen en schrale graslanden was één van de oorzaken daarvan. Daarom werd op een grazige kalkhelling met bos en struweel door Staatsbosbeheer een orchideeëntuin aangelegd. De 'tuin' – het geheel maakt eigenlijk een geheel natuurlijke indruk – werd een succes. Door een beheer van verschraling toe te passen bloeien er elk jaar opnieuw een groot aantal karakteristieke soorten. Jaarlijks bezoeken ruim 7000 bezoekers het gebied.

13, 14, 15. Bij de familie van de orchideeën komt zelfs kruising tussen verschillende geslachten (bastaardering) voor. Kruising tussen de in Zuid-Europa voorkomende *Orchis italica* (13) en *Aceras anthroporum* (14) levert een steriele hybride op: *Orchiaceras bivenae* (15). De versmelting van het genetische materiaal van de ouders komt in de hybride tot uiting in de kleur en de vorm van de bloem.



13

12





14

bepaalde geslachten ook vaak onderling kruisbaar. Wanneer hun nakomelingen onderling of met de ouders gekruist worden, ontstaan er *bastaardzwermen*. Dergelijke, zeer heterogeen samengestelde, populaties bezorgen de systematicus grote problemen. Zo kunnen in de natuur, maar vooral ook in gecultiveerde situaties, met succes kruisingen ontstaan tussen soorten uit verschillende geslachten. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de variatie aan bloemvormen en -kleuren, met name bij kasorchideeën, erg groot is.

Gradiënt-indicatoren

Ecologisch onderzoek heeft inmiddels aangetoond dat de meeste orchideeësoorten, althans bij ons in West-Europa, biotopen prefereren die te omschrijven zijn als ecologische gradiënten in ruimte of tijd. Anders uitgedrukt: hun aanwezigheid is een indicatie voor subtiele overgangen in de opeenvolging van verschillende plantengemeenschappen in de loop van de tijd (successie) of plaatselijke overgangen van het ene vegetatietype naar het andere. Bepaalde soorten hebben een specifieke voorkeur voor een groeiplaats op de overgang van een opengrasland naar een beginnend bos of struweel. De bokkenorchis is daar een voorbeeld van.

Andere soorten zoals de rietorchis komen opti-



15

maal voor tijdens het beginstadium van de ontwikkeling van een vegetatie. Een dergelijke situatie wordt meestal ingeleid door een verstoring van de bestaande vegetatie. Voorbeelden van zulke standplaatsen zijn verlaten wijngaarden, verwaarloosde graslanden, uitgebate leemputten en oude steengroeven. De voormalige slagvelden met honderden bomtrechters rond Verdun waren tot voor kort beroemd vanwege hun orchideeënrijkdom. In de afbeelding hiernaast wordt de standplaatskeuze verduidelijkt van een aantal soorten, die in Nederland en België op kalkrijke bodems voorkomen.

Zeldzaamheid

Veel West-Europese orchideeësoorten zijn zeldzaam omdat hun biotoop, veelal een gradiënt in ruimte en tijd, zich slechts in beperkte mate voordoet. In veel gevallen worden orchideeën zelfs direct in hun bestaan bedreigd doordat de mens het milieu waarin zijn voorkomen verstoort. Van de zomerschroeforchis bijvoorbeeld, die rond het begin van deze eeuw nog in vrijwel alle landen van West-Europa voorkwam, waren er in 1985 in dit gebied nog maar vijf populaties over. Deze soort komt voor in vochtige hooilanden op iets kalkhoudende bodem in het laagland. De afname is ongetwijfeld het gevolg van de vele verande-



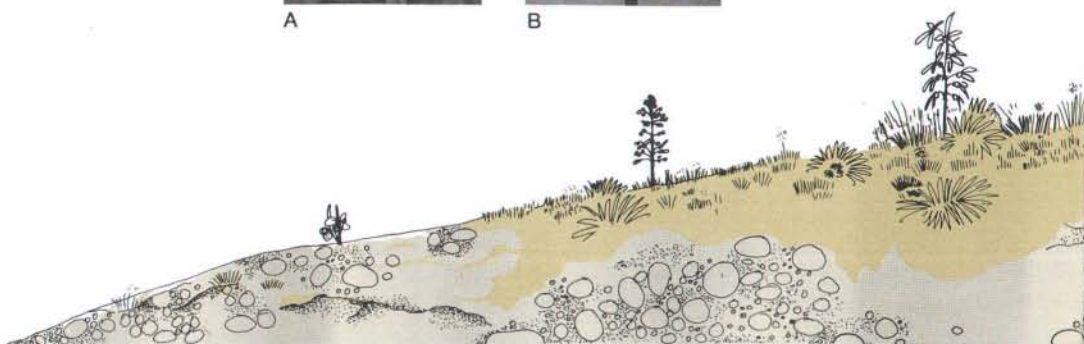
A



B



C



16

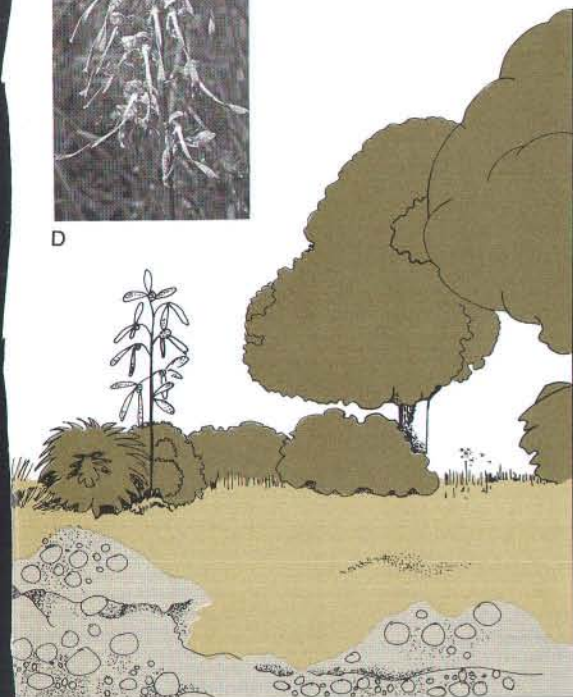
ringen in de agrarisch-economische veranderingen in de bedrijfsvoering in dit biotoop. Door drainage, bemesting en andere cultuurtechnische maatregelen is dit milieu, en daarmee deze soort, uiterst zeldzaam geworden.

Een dergelijke situatie geldt uiteraard voor alle soorten orchideeën die in halfnatuurlijke milieus voorkomen. In de huidige produktiegraslanden komen orchideeën al niet meer voor. Alleen in die reservaten waar de traditionele agrarisch-economische beheersmethoden worden toegepast, hebben bepaalde soorten een kans. Zo kan men in natuurgebieden op Texel en in het stroomdal van de Drentse A duizenden exemplaren van het geslacht *Dactylorhiza* (handekenskruiden) bewonderen.

Een andere bedreigende factor is het plukken van de bloemen. Het mag dan wel waar zijn dat een van zijn bloemen beroofd exemplaar niet ten dode is opgeschreven en dat één rijp vruchtbeginsel wel een miljoen zaden produceert, toch wordt door het plukken van de bloemen de kans op een nieuwe vestiging van de soort aanzienlijk verkleind. Grootbloemige soorten hebben hiervan, ondanks wettelijke bescherming in vrijwel alle West-Europese landen, het meest te lijden. Volgens Landwehr, een orchideeënkennër bij uitstek, bloeien er meer exemplaren van de prachtige Venus-schoen op de vensterbanken in hotels dan in de halfschaduw van de beukenbossen daar omheen.



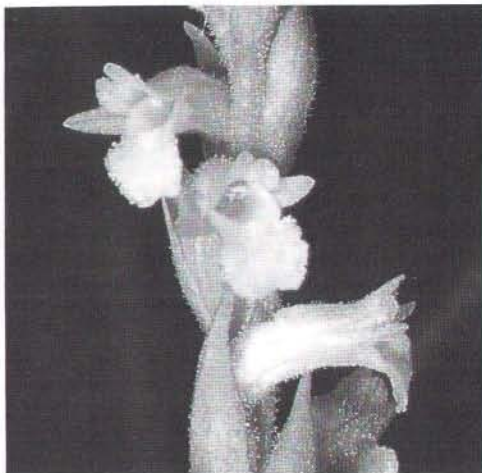
D



16. Enkele orchideeën en hun biotoopkeuze. Op krijtheltinggraslanden, zoals die in het mergelland voorkomen, vindt men de bijenorchis (*Ophrys apifera*) (A) vooral op plaatsen die schaars begroeid zijn. Tussen het halfhoge gras treffen we grote muggenorchis (*Gymnadenia conopsea*) (B) aan. De bergnachtorchis (*Plantanthera chlorantha*) (C) heeft de wat dichter begroeide plaatsen op de helling tot zijn biotoop gekozen. De bokkenorchis (*Himantoglossum hirciniium*) (D) tenslotte is een kenmerkende soort voor struweelranden. In de tekening zijn de orchideeën relatief te groot afgebeeld.

17. De strenge biotoopkeuze en de gespecialiseerde betrekkingen met de bestuiver en de wortelschimmel hebben ook nadelen: bij geringe milieuverstoringen wordt al niet meer aan de levensvoorwaarden voldaan. Alleen al daardoor zijn vele soorten in Nederland uiterst zeldzaam geworden of verdwenen. De zomerschroeforchis (*Spiranthes aestivalis*) is hier een voorbeeld van. In Nederland is de soort al uitgestorven, in West-Europa zijn er nog slechts enkele populaties te vinden.

Tenslotte resteert het probleem van de orchideeënstroperij, bepaald geen probleem van vandaag of gisteren en evenmin alleen geldend voor Nederland en België. Al in de zeventiende eeuw werden de fraai paarsgekleurde handekenskruiden vanuit de hooilanden in tuinborders overgeplant en nog steeds worden botanische, dat wil zeggen in het wild groeiende soorten, op grote schaal verhandeld. Dit gebeurt niet alleen in de steeds kleiner wordende tropische regenwouden. Ook in West-Europese natuurreservaten worden bepaalde soorten door 'orchideeënliefebbers' bewust uitgestoken ter verfraaiing van hun privé-tuinen.



17

Literatuur

- Danesh O, Danesh E. Orchideen Europas, Mitteleuropa und Südeuropa. Bern: Verlag Hallwag, resp. 1962 en 1969.
Landwehr J. Wilde orchideeën van Europa (delen 1 en 2). 's Graveland: Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 1977.
Deinum D. De orchideeën van Nederland. Amsterdam: Alpert de Lange, 1946.
Kreutz CAJ. De verspreiding van de inheemse orchideeën van Nederland. Zutphen: Thieme, in voorbereiding.

Bronvermelding illustraties

- Klees D, Duiven: pag. 535 D.
Vakgroep plantentaxonomie, LU Wageningen: 1.
Natuurhistorisch Museum, Maastricht: 2.
Westra C, Hilversum: 4.
Ponti B de, Eys: 10, 16C, pag. 535 A.
Douven A, Roermond: 12.
Verbeek P, Nijmegen: 16B.
De overige illustraties zijn afkomstig van Kreutz CAJ, Maastricht

Patrick Meyrueis
*Université Louis Pasteur
Straatsburg*

Licht als informatie- drager

Licht breekt door in de automatisering en de telecommunicatie. In deze en andere sectoren werkte men tot voor kort uitsluitend met elektronische technieken: men liet elektronen het werk doen. Door de ontwikkeling van de fotonica nemen hier lichtgolven de plaats van de elektronen in. De vorderingen op dit gebied gaan snel en voltrekken zich op alle delen van de betrokken systemen: lichtbronnen, lichtgeleiding en het vastleggen en weergeven van gegevens.

FOTONICA

Proefopstelling voor een optische computer aan de Universiteit van Edinburgh. Eén van de problemen die opgelost moet worden is het opsplitsen van meerdere signalen die in één lichtstraal gebundeld zijn. Daarvoor heeft men een soort rooster ontwikkeld, waarin 5×5 lensjes zitten. De projectie van de daarmee gesplitste bundel levert fel en minder fel oplichtende vlekken op: de 'nullen' en 'enen' van de digitale computertaal.

A photograph of a person lying down, possibly on a bed, with their head tilted back. They are wearing a garment with a red and black pattern. The image is viewed through a series of horizontal green bars, creating a striped effect. The lighting is dim, with the green bars providing a strong contrast.

EURO
ARTIKEL

Wat is fotonica?

Het woord fotonica wordt gebruikt voor een samenhangend stelsel van technologieën die gebaseerd zijn op de bijzondere eigenschappen van licht en de wisselwerking daarvan met de materie. Het omvat de methoden en systemen om, met behulp van licht, te meten, te transformeren en te transporteren. De fotonica is een basistechniek met eigen logica en wetten. Zij is ontstaan uit de optica, zoals de elektronica voortvloeide uit de elektriciteitsleer en kent al veel toepassingen. Te verwachten is echter dat fotonica als speerpunttechnologie bestaande methoden zal verdringen en verstrekkende — ook economische — gevolgen hebben. Het is echter vooral interessant dat men nu, net als bij de elektronica, problemen aan kan pakken, waarvan men vroeger niet eens beseftte dat die beheersbaar waren. Een aansprekend voorbeeld daarvan is de laserchirurgie.

In dit artikel zullen we in vogelvlucht de bestaande en toekomstige ontwikkelingen bekijken. In vele publikaties is al de nadruk gelegd op de potentiële mogelijkheden van afzonderlijke onderdelen. De toekomst van een gebied als dit kan echter het best begrepen worden als we deze nieuwe technologie als één geheel beschouwen. Opvallend is dat deze wetenschap primair verbonden is met de ontwikkeling van de informatietechnologie. Fotonica kan toegepast worden om gegevens (*data*) te verzamelen, ze te bewaren, te versturen en te vertonen of representeren. Fotonica kan bovendien in een aantal uiteenlopende industriële sectoren gebruikt worden voor produktontwikkeling en om het productieproces te besturen en verbeteren. Hierin sluit zij nauw aan bij de ontwikkeling van de micro-elektronica en verbreedt de mogelijkheden daarvan.

Tenslotte vertegenwoordigt fotonica een geheel nieuwe manier om bepaalde complexe problemen aan te pakken; dit is misschien wel de meest karakteristieke eigenschap. In de geneeskunde bijvoorbeeld hebben technieken als endoscopie (met optische vezels) en laserchirurgie de operatie-praktijk radicaal gewijzigd. Behalve gemak en efficiëntie heeft dit ook een sociaal voordeel: men ligt korter in het ziekenhuis. Ook buiten de geneeskunde in de robotica, architectuur, film en televisie, biedt de fotonica een groot aantal mogelijkheden, die kunnen leiden tot vérgaande veranderingen.



1

Lasers

Een voorbeeld van de onverwachte mogelijkheden van licht is de *laser* (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Wanneer een lichtbundel zich voortplant in één of ander medium, zal de intensiteit ervan in het algemeen geleidelijk afnemen. Deze afname wordt veroorzaakt door absorptie van het licht. Het is echter mogelijk bepaalde media, door er energie aan toe te voeren, in een zodanige toestand te brengen dat er geen verzwakking, maar juist versterking van de straling plaats vindt. Deze versterking wordt veroorzaakt door de zogenaamde gestimuleerde emissie van straling. Door de straling op deze manier steeds verder te versterken ontstaat een laserstraal, een intense bundel licht. Dit laserlicht is monochromatisch en coherent. Deze eigenschappen maken dat een laserstraal makkelijk kan worden gemoduleerd en ge(de)codeerd voor communicatie. Bovendien kan men haar focuseren op een klein oppervlak, voor toepassingen in chirurgie, of om materialen selectief in een aangeslagen toestand te brengen (als in de spectrometrie).

De lasers worden meestal onderverdeeld in drie hoofdgroepen. Industrieel het meest toegepast zijn de *gaslasers*. Deze worden meestal met hoogspanningsontladingen in een gas geactiveerd. Ze werken met continue of gepulste golven. De kleuren van het licht lopen uiteen van ultraviolet tot infrarood. Veel minder toegepast zijn de *vloeistoflasers*. Het medium is hier een opgeloste organische kleurstof die gewoonlijk wordt geactiveerd door een andere laser. Bij deze lasers kan men de frequenties van het licht bijstellen, wat bij andere lasers maar binnen een klein kleur gebied kan. Zo krijgt men een hanteerbare bundel zuiver monochromatisch licht. De meeste toepassingen zijn medisch, maar ze worden ook gebruikt bij reproductietechnieken en isotopen-scheiding.

Vaste-stoflasers hebben ionen als werkzaam medium. Die zijn óf als onzuiverheden tijdens de groei van een kristal ingebracht, óf, tijdens de fabricage, aan een glas toegevoegd. Afhankelijk van het vermogen worden de vaste-stoflasers toegepast in diverse gebieden: in-

dustrie en wetenschap, voor militair gebruik, spectroscopie, thermonucleaire fusie en het lezen van CD's en beeldplaten. Bovendien zijn er nog soorten lasers met vrije elektronen, chemische lasers, röntgenlasers en lasers die gevoed worden door radioactieve straling.

De Europese laserindustrie is nog steeds een kasplantje. Er worden bijna geen complete systemen, met elektronica en programmatuur (*software*) gefabriceerd. Ook is men voor de grondstoffen (glas, robijn, kristallen) afhankelijk van de USA en Japan. In de EEG is er ook geen zuiver civiele poot van het onderzoek naar lasertoepassingen; de militaire onderzoeksprogramma's leveren geen commerciële successen, die zijn dáár uiteraard ook niet op gericht.

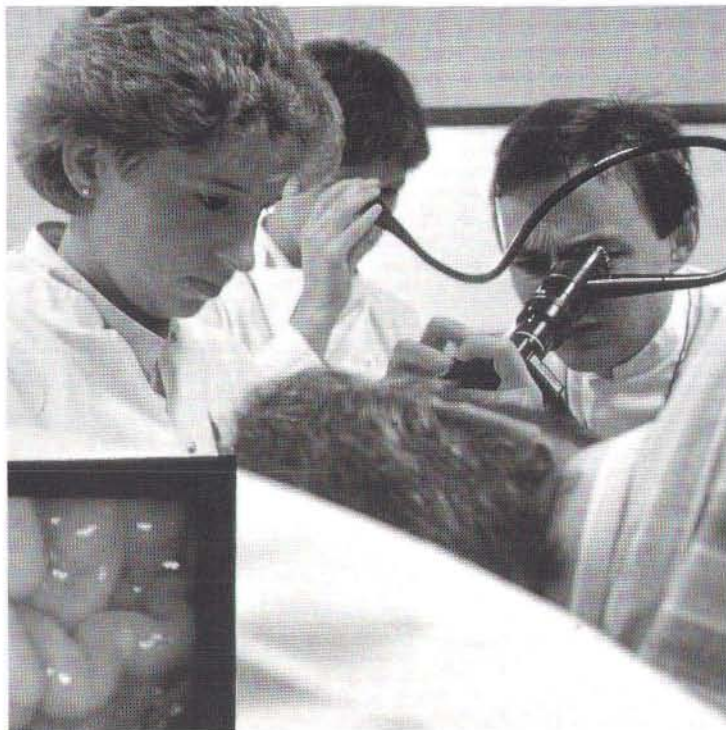
In West-Europa wordt wel het nodige onderzoek gedaan aan lasers. Wil dat doorzetten en omgezet worden in industriële toepassingen, dan moet men met enige marktaspecten rekening houden:

- de markt wordt gedomineerd door een paar Amerikaanse firma's; om die, zonder techno-

2

1. Een opstelling voor het maken van hologrammen, driedimensionale afbeeldingen van voorwerpen. Voor het maken van een hologram is in veel gevallen een laser nodig. Dat is het langwerpige apparaat links op de foto.

2. Een arts bekijkt de binnenkant van de darmen van een patiënt met een endoscoop. Dat is een flexibele buis die in het lichaam gebracht kan worden. De endoscoop geleidt zowel het licht van een lampje als de weerkaatsing daarvan uit het inwendige. Op de inzet zien we een voorbeeld van wat men door een endoscoop kan zien.



logische voorsprong, te beconcurreren op een gebied waar ze al vaste voet aan de grond hebben is een riskante onderneming;

- de markt is internationaal, dat moet wel, gezien de kleine afzet; daarom moet al tijdens de ontwerpfasen rekening gehouden worden met de 'wereld';
- de markt is nieuw en onstabiel; dramatische veranderingen zijn mogelijk;
- de markt vertoont een continue daling in prijs van het produkt én verhoging van de onderzoeksinvesteringen.

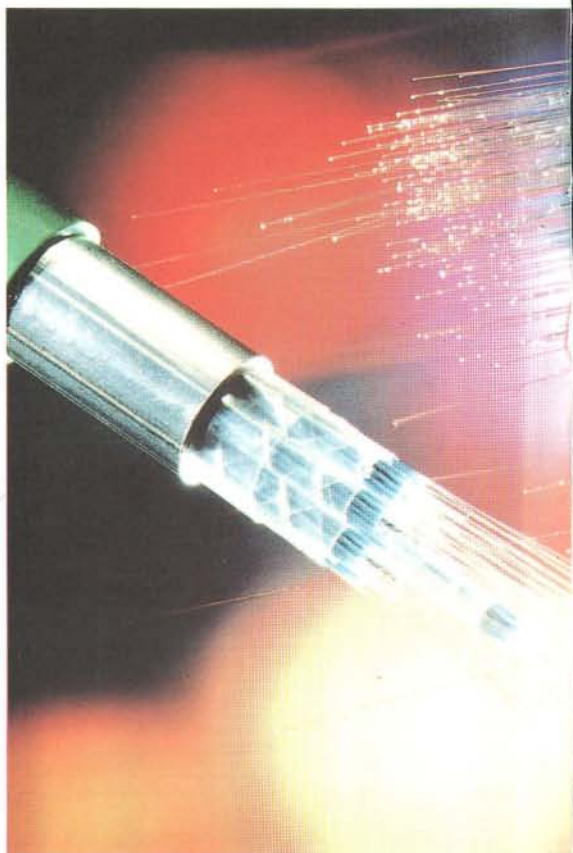


3

Optische vezels

De tweede techniek in de fotonica die de hooggespannen verwachtingen waar lijkt te gaan maken is die van de optische vezels en toebehoren. Optische vezels zijn haardunne buizen van puur glas, waar boodschappen doorheen gezonden kunnen worden in de vorm van lichtpulsjes. De fabricage kost weinig energie en materiaal, de vezels zijn gering in volume en gewicht en ze breken niet snel. Ze zijn bestand tegen warmte, elektro-magnetische interferentie en straling. Met behulp van *interfaces* kunnen ze op bestaande communicatienetwerken aangesloten worden. Ze kunnen concurreren met andere kabels over lange en korte afstand. De telecommunicatie-industrie zorgt dan ook voor 85% van de omzet.

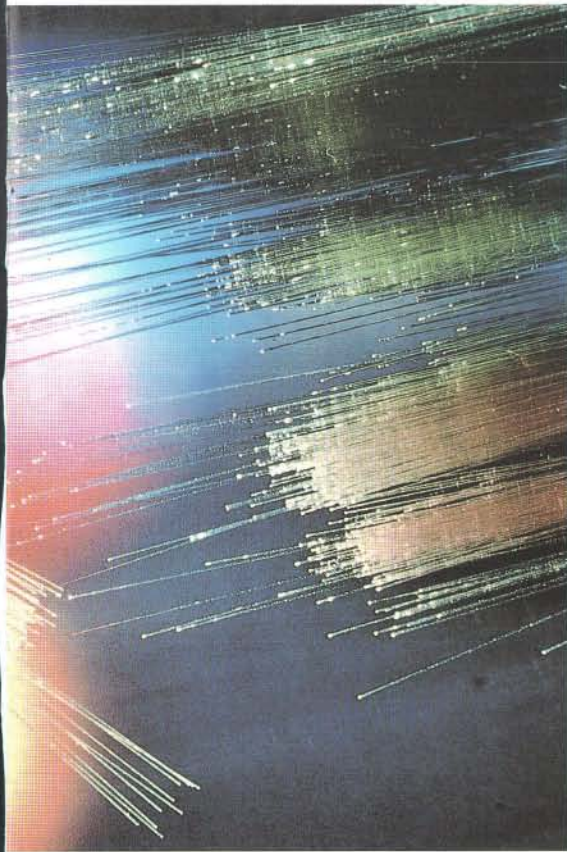
Sinds 1970 heeft de technologische vooruitgang geresulteerd in drie generaties vezels,



4

ieder met eigen karakteristieken: *multimode* vezels met een getrappt verlopende brekingsindex, idem met een geleidelijk verlopende brekingsindex en *monomode* vezels (zie afb. 6). De eerste twee typen worden nu op industriële schaal gefabriceerd. De monomode glasvezels worden nog in kleine hoeveelheden gemaakt, maar de productie stijgt. De vooruitgang in het fabricageproces heeft geleid tot steeds langere ononderbroken vezellengten, tegen steeds lagere kosten. De vooruitgang beperkt zich niet tot de vezels, ook de zenders en ontvangers zijn verbeterd en er zijn mogelijkheden tot splitsing en samenvoeging van kabels ontwikkeld.

Een compleet glasvezelsysteem heeft verschillende elementen. In de eerste plaats moet er een lichtbron zijn. Doorgaans is dat een licht-emitterende diode (LED) of een laserdioden. Verder zijn er modulatoren en versterkers



en regenererende circuits nodig en tenslotte een ontvanger met fotodiodes. Voor wat betreft de zenders is de research toegespitst op het gebruik van halfgeleider-laserdiodes. Men verwacht hiervan betere prestaties dan van lichtemitterende diodes, hoewel LED's betrouwbaarder zijn en al op industriële schaal gemaakt worden. Voor laserdiodes worden echter bekende micro-elektronica technieken gebruikt. De ervaring daar leert dat bij groot-schalige productie de kosten per stuk fors dalen. Men tracht thans vooral diodes te ontwikkelen, die langer meegaan en die met meerdere golflengten kunnen werken.

Voor wat betreft vezels en kabels gaat de meeste aandacht uit naar de monomode vezels. Nieuwe fabricage- en trektechnieken worden bestudeerd. Uiteenlopend fundamenteel en toegepast onderzoek wordt gedaan naar nieuwe vezelmaterialen. Het groeperen van glasvezels — om de karakteristieken van de netwerkkarchitectuur te verbeteren — is een ander studiegebied.

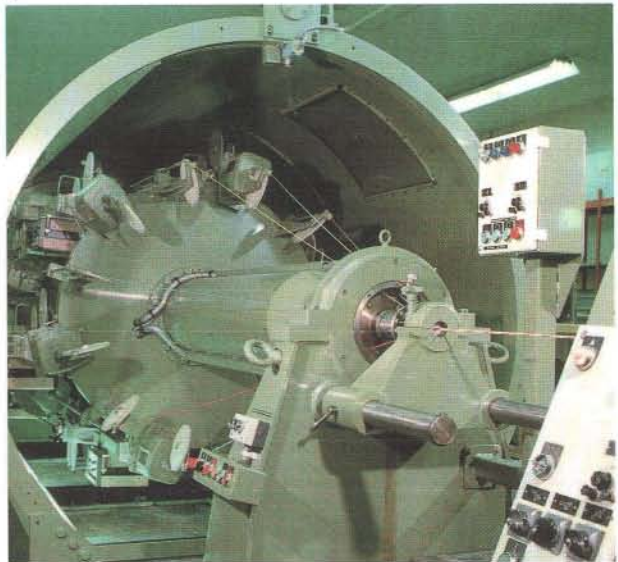
Het onderzoek naar splitsingen en lassen houdt zich voornamelijk bezig met het beperken van breukrisico's. Bij de ontwerpen van complete systemen wordt veel onderzoek gedaan naar audiovisuele netwerken, Canada heeft bijvoorbeeld een optisch kabel-TVnetwerk, en systemen voor meting en besturing op

3. Helium-neonlasers worden op een testbank onderzocht op hun levensduur. Dergelijk onderzoek is noodzakelijk voor de verdere perfectionering van commercieel verkrijgbare laserapparatuur.

4. Een glasvezelkabel is uiteengerafeld tot de afzonderlijke glasvezels. Op alle vezels is van de andere kant een lichtsignaal gezet, wat een welhaast feeëriek plaatje oplevert.

5. Een apparaat voor het 'spinnen' van een glasvezelkabel. Verschillende losse vezels worden om elkaar gewonden. De kabel die daarbij ontstaat, wordt in de meeste gevallen weer met andere samengevoegd tot dikke telefoonkabels.

5



afstand ten behoeve van de industrie. Voor wat betreft (telefonische) transmissie zien we dat de optische vezel in opmars is. In Nederland moeten de 22 districtcentrales begin volgend jaar via glasvezels met elkaar verbonden zijn. De eerste internationale verbinding in Europa ligt tussen Breda en Herentals en een eerste onderzeese optische telefoonkabel, tussen het Engelse Broadstairs en het Belgische Oostende, zal eind 1988 gebruiksklaar zijn. De lengte daarvan is meer dan 100 kilometer en de geplande capaciteit is 23 000 gelijktijdige telefoongesprekken.

Wat merkt de consument er nog meer van? De markt zal groeien als de technologische vooruitgang door de industrie opgepikt wordt. In het bijzonder zullen er nieuwe generaties van componenten komen tegen prijzen die laag genoeg zijn om de markt radicaal te veranderen. Zulke goedkope onderdelen kunnen leiden tot kostenverlagingen tot 40% voor communicatiesystemen. Als de optische vezels in industriële fabricageprocessen met succes worden toegepast, zullen daar ook kostenbesparingen uit de bus komen.

Ook hier lopen Amerikaanse en Japanse firma's voorop. Europese firma's produceren een beperkte hoeveelheid vezels waarvan heel weinig van (gespecialiseerde) topkwaliteit. Ook is de bijdrage aan de bijbehorende com-

ponenten gering, behalve voor wat betreft koppelingen. De strategie van de grote Europese concerns bestaat voornamelijk uit het afsluiten van internationale overeenkomsten om hun catalogus te kunnen completeren, met het recht om op den duur de fabricage zelf ter hand te mogen nemen.

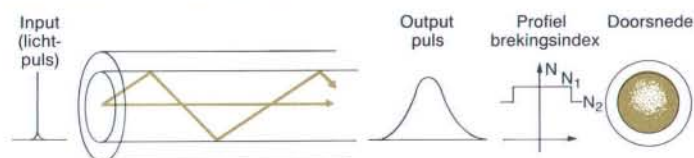
Veel onderzoek is gericht op het vervangen van traditionele onderdelen door beter werkende fotonische componenten, met handhaving van de aansluitbaarheid aan oude systemen. Het is aannemelijk dat het onderzoek zal resulteren in totaal nieuwe toepassings-systemen, zoals videofoon en televisie met hoog oplossend vermogen. Langs deze weg zal de verspreiding van optische vezels en aanverwante producten ongeveer gaan. De huidige situatie kan veranderen, maar de Europese industrie lijkt hierop slecht voorbereid. In het beste geval zal de trend worden omgebogen en loopt West-Europa haar achterstand geleidelijk in. Tegen 1990 zal dan Europa 20% van de productie kunnen leveren (de VS 60%).

Informatieverwerking

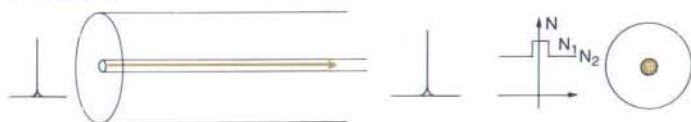
Het derde belangrijke gebied van de fotonica is het opvangen, verwerken, transporteren en afbeelden van data. Met deze systemen kunnen ruwe signalen gedragen door licht, of een

6

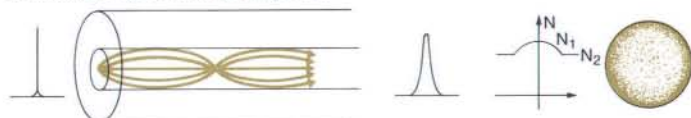
A. Multimode, getrapte brekingsindex



B. Monomode



C. Multimode, geleidelijke brekingsindex



7

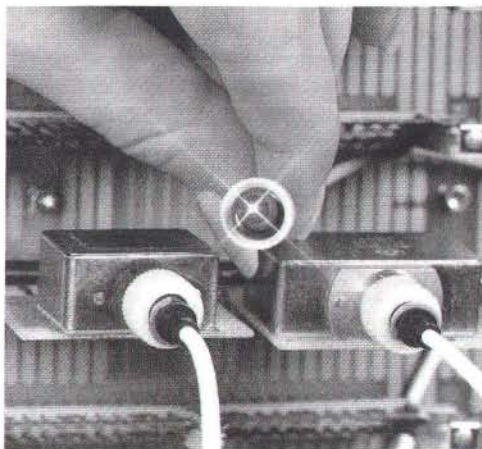


andere vorm van elektromagnetische straling, worden omgezet in een zinvolle representatie, zoals een plaatje of een tekst. Ze kunnen ook weer gekoppeld worden aan andere manieren van datatransmissie.

Drie categorieën zijn bij deze systemen te onderscheiden:

- *sensoren* : fotovoltatische cellen, diodes, camera's (holografische, video- en 'gewone'), halfgeleiders, vloeibare kristallen, fotopolymere en thermoplastics;
- *verwerkingssystemen*, waarmee de informatie kan worden opgemaakt en omgevormd tot bijvoorbeeld beelden: numerieke beeldverwerking (image processing), holografie en video;
- *beeldschermen (displays)*: vooral gemaakt met fotodiodes, vloeibare kristallen (LCD's) en luminescerend materiaal;
- *visuele verwerking* door systemen, die kleuren en/of patronen herkennen, vooral in de robotica en meettechnieken (remote sensing);
- *beeldopbouwssystemen*: zie de afbeelding 14.

Fotonica omvat veel meer dan simpelweg informatie vertonen op schermen, maar dat is wel het meest in het oog springende aspect. Beeldschermen kunnen zowel actief als passief zijn. Actieve schermen – die dus zelf licht afgeven – zijn bijvoorbeeld kathodestraalbui-

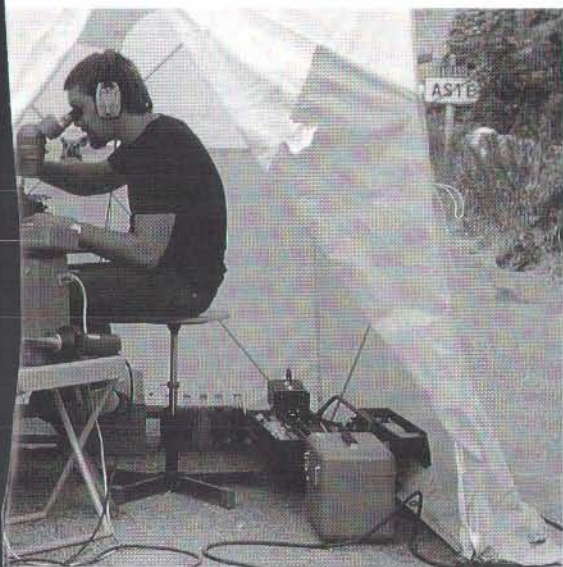


8

6. Bij multimode glasvezels met getrapte brekingsindex is het centrale deel omgeven door een mantel met een iets lagere brekingsindex. Lichtstralen kunnen onder diverse hoeken de vezel binnendringen. De output levert daarvoor een brede puls. Bij de monomode vezel is het centrale deel zo smal dat licht eigenlijk maar in één richting kan vallen. De uitgangspuls is mooi scherp. Nadeel is echter dat deze vezels moeilijker te maken zijn. Multimode vezels met een geleidelijk verlopende brekingsindex werken in principe hetzelfde als die met een getrapte.

7. Een praktisch probleem van glasvezelnetten is het maken van splitsingen en verbindingen geweest. Nu is er apparatuur, waarmee dat langs de weg kan gebeuren.

8. Een kabeltje is losgemaakt uit een optische telefooncentrale, zodat wij het gesprek kunnen bekijken.



zen, plasmaschermen, diodeschermen en elektroluminescerende schermen. Passieve schermen daarentegen moduleren het licht. Dit omvat vloeibare-kristalschermen, elektro-optische schermen, systemen die gebruik maken van deeltjes in suspensie, ferro-elektrische schermen, enzovoorts.

Vooral plasmaschermen zijn interessant. Het zijn vlakke beeldschermen die werken op basis van fluorescerende materialen die opgluieren als er een stroom door loopt. Ze worden op industriële schaal geproduceerd, het belang is vooral gelegen in de eenvoud van uitvoeringen en het intern geheugen. Dit platte scherm wordt steeds meer toegepast in *alfanumerieke* eindstations, terminals die alleen met normale letters en cijfers werken. De besturingselektronica voor de beeldmatrix leidt tot een betrekkelijk hoge prijs. Maar er zijn voordelen: het beeld is gemakkelijk leesbaar, sta-

biel, vertoont geen verstoring en flikkering, kent een hoog contrast, gering volume en lange levensduur. Men verwacht dan ook dat zij op den duur toegepast zullen worden in televisietoestellen en video-eenheden.

Van de passieve systemen zijn de schermen met vloeibare kristallen het meest geavanceerd. De toepassing in horloges en rekenmachientjes hebben veel onderzoek(sgeld) gekost, voor het tot een marktklaar produkt kwam. Door het geringe elektriciteitsverbruik, de lage voedingsspanning en de goede prestaties, komen ze in aanmerking voor nog veel meer en uiteenlopende toepassingen (Van Sprang en Vertogen, 1986).

Optische informatie kan in één, twee of drie dimensies verwerkt worden tot beelden. Eéndimensionale informatieverwerking wordt vooral toegepast bij spectroscopische technieken. De uitvoer laat zien hoe eigenschappen van het licht veranderen door interactie met een monster. Toepassingen vinden we in tal van terreinen: geologie, biologie, chemie, astronomie en kwaliteitscontrole. Een meer gebruikelijke vorm is de tweedimensionale, die een ieder kent van de fotografie en de TV. Hieronder vallen ook de beeldtechnieken op basis van zichtbare straling, infrarood-, röntgen- en gammastraling en ultrageluid. Beeldverwerking maakt dit alles mogelijk; tegenwoordig is er programmatuur die, uitgaande van wiskundige concepten, realistische beelden genereert,

welke dus goed beheersbaar zijn. Holografie is de meest gebruikte vorm van driedimensionale beeldverwerking. Het holografisch weergeven van voorwerpen kent al vele toepassingen (Van Renesse, 1986).

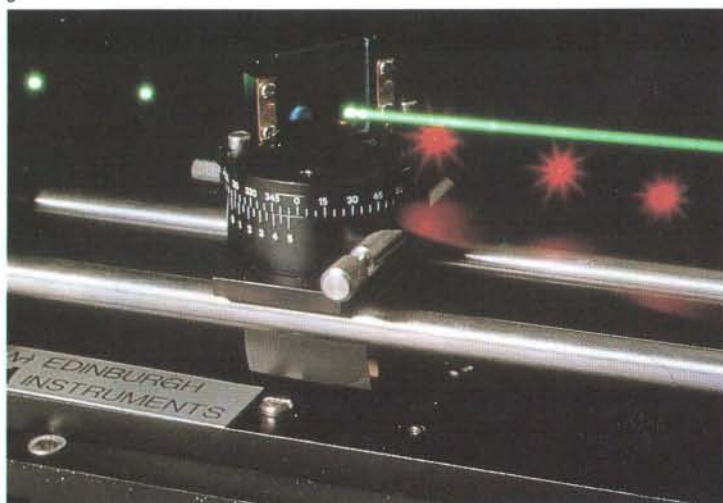
Gelet op de grote diversiteit zijn de perspectieven voor al deze systemen moeilijk precies aan te geven. Er zitten te veel technologische en economische kanten aan. Toch mag men aannemen dat geen enkele techniek dé uiteindelijke techniek zal blijken te zijn: een grote diversiteit in afbeeldingssystemen zal zich ontwikkelen.

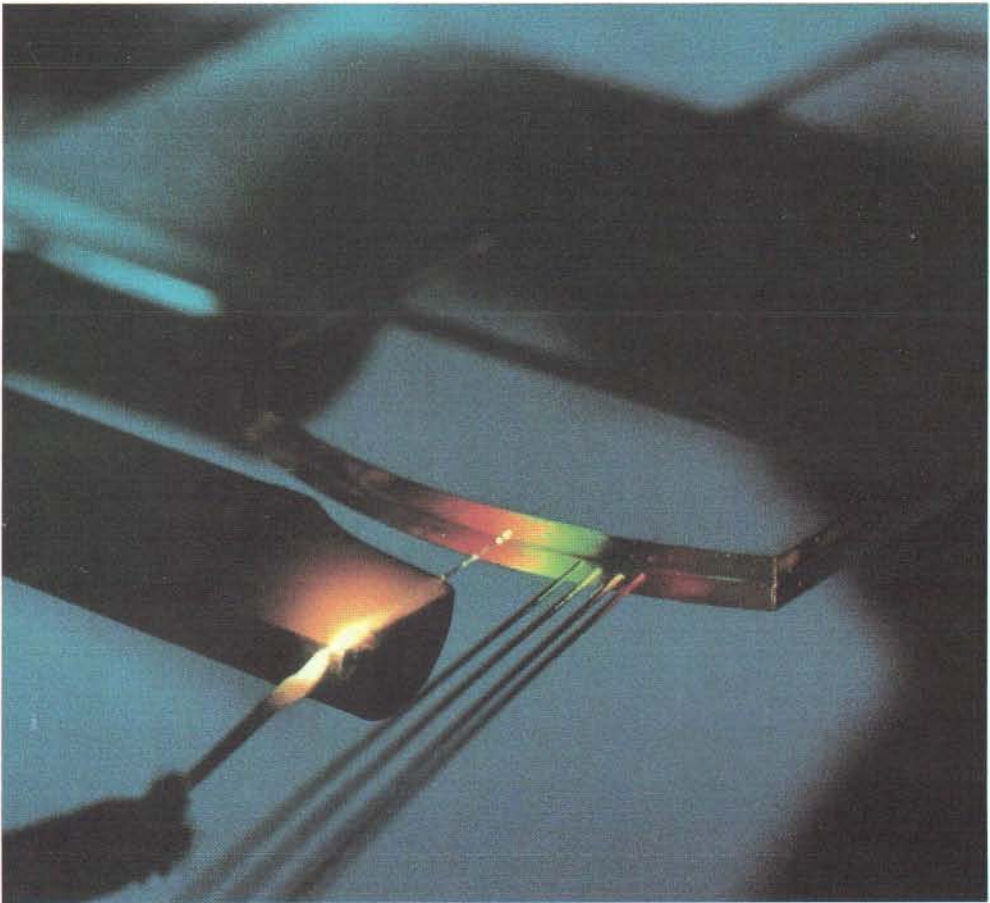
Verder onderzoek naar beeldverwerking en dataprocessing zal leiden tot méér programmatuur en bijna zeker ook tot een breder scala van toepassingen. Displays hebben al veel toepassingen; tot ongeveer 1990 zal de grootste markt de procesbeheersing in de industrie zijn, met een verwachte groei van 300%. De markt voor meet- en regeltechniek zal ongeveer verdubbelen; voor andere fotonische laboratoriumuitrusting wordt dat ook verwacht. Belangrijk, maar moeilijk in te schatten zijn de defensietoepassingen en die in de lucht- en ruimtevaart.

Alles bijeen hebben systemen voor visuele verwerking en representatie een groot potentieel marktgebied: telemetrische toepassingen, remote sensing, architectuur, meteorologie, patroonherkenning, niet-destructief onderzoek en robotica. De markt bestrijkt biologi-

9. Aan de Universiteit van Edinburgh werkt men aan een soort optische transistor; een filter dat licht op een speciale manier doorlaat en waarmee een lichtbundel door een andere gemoduleerd kan worden. De straal van rechts is niet sterk genoeg om door het filter te gaan. Wordt hij echter iets versterkt, dan wordt hij vrijwel geheel doorgelaten. Die versterking komt van een gepulste rode laserbundel. We zien dat de oorspronkelijke straal rechts als een gepulste bundel het filter verlaat. Deze foto en die op de openingspagina's zijn uit een serie die speciaal gemaakt is voor het boek 'Scientific Europe', dat volgend jaar bij Natuur & Techniek zal verschijnen.

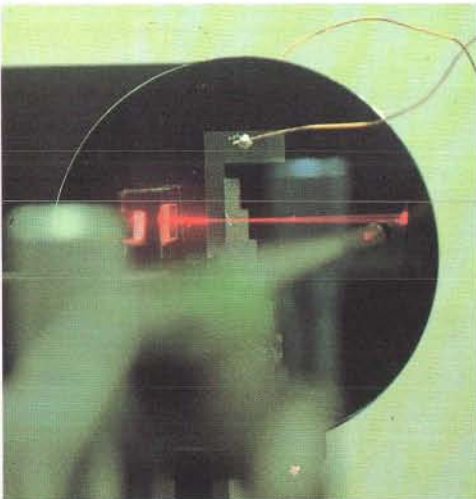
9





10

11



10. Een optische multiplexer, ontwikkeld door de Hughes Aircraft Corporation. In de telecommunicatie is multiplex een aanduiding voor het verzenden van diverse berichten via één transmissieweg. Eén van de bestaande technieken, waarbij aan elk kanaal van de transmissieweg een frequentie wordt toegewezen, is hier toegepast in deze multiplexer, die de verschillende kleuren licht in het transmissiekanaal 'stapelt'.

11. Een lichtbundel kan met behulp van een elektrische spanning afgebogen worden, door een ronde siliciumschijf te voorzien van een lichtgeleidende zinkoxydelaag. Daarop ligt een aluminium elektrode, bestaande uit evenwijdige strips, die een kleine hoek met de lichtbundel maken. Als er een spanning wordt aangelegd ontstaat in de zinkoxydelaag een sterk periodiek elektrisch veld. Dit is in staat een door de laag lopende lichtbundel af te buigen.

Optische geheugens

De computerindustrie droomt al lang van optische geheugens in plaats van magnetische. Optische schijven hebben één groot voordeel: de sporen kunnen net zo dicht bij elkaar liggen als de *bits* in de sporen zelf uiteen liggen. Diverse firma's hebben al media voor deze optische gegevensopslag ontwikkeld. De huidige schijven kunnen eenmalig beschreven worden; voor gegevensopslag via een computer moet men echter steeds opnieuw kunnen lezen en schrijven. Het ziet er naar uit dat dat binnenkort tot de mogelijkheden behoort.

Eén idee daarvoor is dat men een (roterende) schijf met een dunne laag van een geschikt magnetisch medium neemt. De magnetische flux staat loodrecht op de schijf. De schijf

wordt onderworpen aan een magnetisch veld, maar dat is niet sterk genoeg om de magnetische oriëntatie te veranderen, tenminste, niet zolang de temperatuur beneden de zogenaamde Curietemperatuur blijft. Dat is de temperatuur waarbij het schijfmateriaal zich paramagnetisch gaat gedragen. Het schrijven gebeurt nu thermo-magnetisch: in een magneetveld verhoogt een laserstraal op één klein plekje (diameter 1 μm) tijdelijk de temperatuur en de flux slaat om. De codering is natuurlijk '1' voor de ene richting en '0' voor de andere. Een nadeel is dat men nu een heel spoor moet wissen alvorens men kan herschrijven.

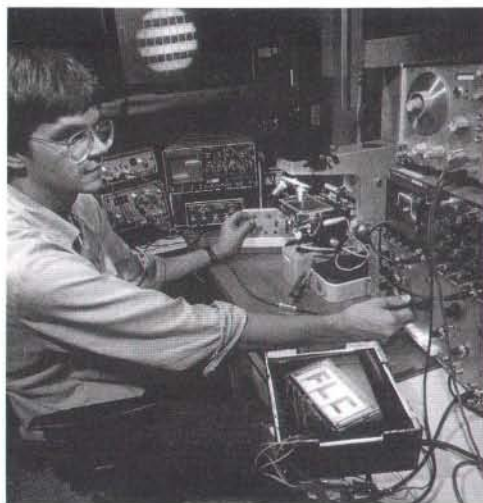
Een ander idee is om met een schrijf-laserstraal een (net zo klein) plekje van een reflecterende kristallijne laag amorf en dus 'dof' te maken, wat later weer met een lees-straal opgemerkt wordt.

sche en medische engineering, defensie, onderwijs en onderzoek. Ook hier geldt dat Amerikaanse en Japanse firma's een onbetwiste voorsprong hebben. De EEG bedient tot nu toe maar een klein stukje van de eigen markt. Maar er zijn doorbraken mogelijk, vooral op markten die nog in een embryonaal stadium verkeren.

Conclusie

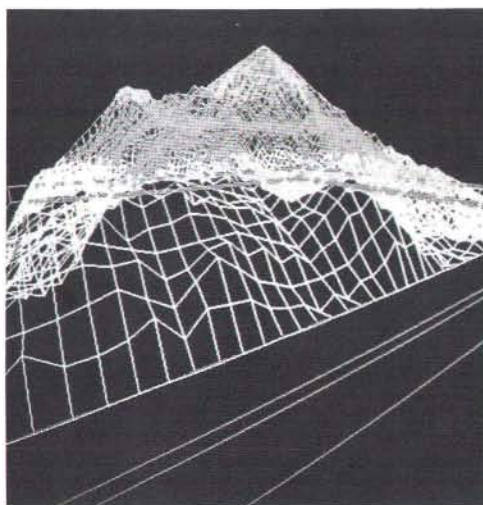
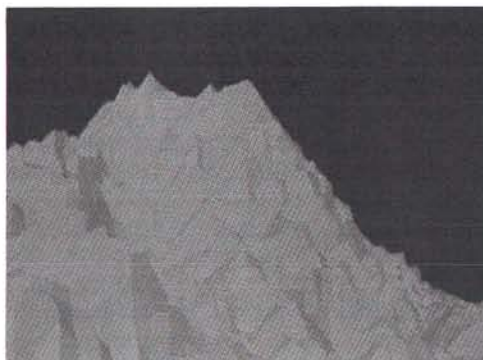
Wij hebben de nauwe relatie tussen de huidige fotonica en de elektronica laten zien, zowel voor wat betreft grondslagen als uitvoering. Toch maken zeer markante verschillen dat een elektronicus niet meteen een fonicus is en omgekeerd.

12



13





14

12. Eén van de nieuwe displaytechnieken die nog in ontwikkeling is, is de FLC, waarvoor we hier een testopstelling zien.

13. Een zeer fraaie display is het scherm dat in deze vluchtsimulator is aangebracht. De leerling-vlieger zit in een cockpit van ware grootte en ziet 270° rondom de door de simulator voorgeschotelde 'omgeving'.

14. Al veel toegepast worden de technieken om bepaalde ingewikkelde structuren op een computerscherm af te beelden. Hier zien we twee voorbeelden van driedimensionale grafieken. In het ene geval zijn de lijnen waaruit de grafiek is opgebouwd getekend. Een wat overzichtelijker beeld ontstaat als de vlakken die de buitenkant van de grafiek vormen, met contrasterende kleuren worden aangegeven.

Het is een uitgemaakte zaak dat fotonica één van de steunpilaren van een toekomstige op speerpunttechnologieën gebaseerde economie zal zijn. Zeker is ook dat fotonica een militaire rol zal spelen. De fotonica is één van de sleutels tot de toekomst. Het is belangrijk dat de EEG zelf de fonicaproducten gaat maken, die het weldra zal gebruiken. Een belangrijk middel daartoe is onderwijs, zowel op middelbaar als hoger niveau, zoals de doctoraalopleiding in de fotonica aan de Louis Pasteuruniversiteit in Straatsburg. Daar kunnen jonge ingenieurs geleidelijk doordringen tot de wereld van het fotonische onderzoek, ten behoeve van industriële innovatie. Het ziet er naar uit dat Europa deze ingenieurs nodig heeft.

De oorspronkelijke vertaling van dit artikel is voor ons bewerkt door drs. J. Hollenberg van de Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam (SARA).

Literatuur

- Herman GC. De laser - Lichtversterking door gestimuleerde emissie van straling. *Natuur & Techniek* 1980; 48: 448-463.
 De informatiemaatschappij. 1983, Maastricht: Centrale Uitgeverij.
 Renesse RL van. Holografie - Wat zit daar achter? *Natuur & Techniek* 1986; 54: 676-689.
 Sprang HA van, Vertogen G. Vloeibare kristallen - De jacht is geopend. *Natuur & Techniek* 1986; 54: 384-403.

Bronvermelding illustraties

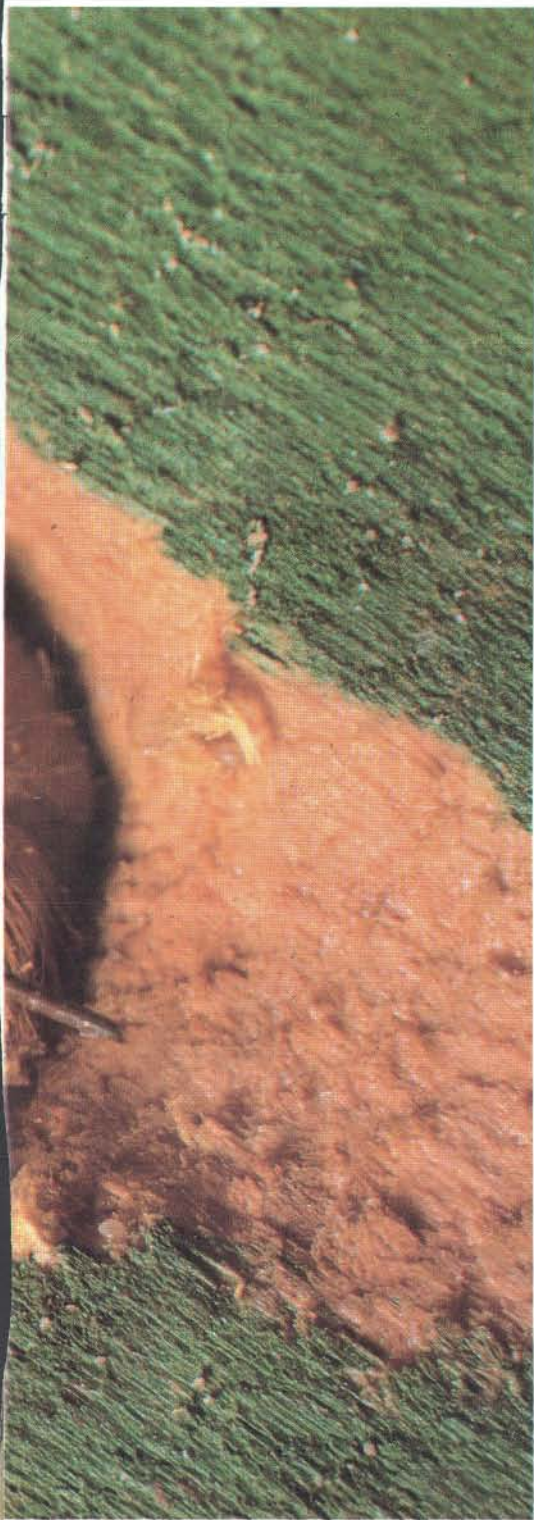
- Universiteit van Edinburgh: pag. 546-547, no 9.
 Academisch Ziekenhuis Maastricht: no 2.
 Spectra Physics, Eindhoven: no 3.
 NKF, Waddinxveen: no 5, 7.
 AT&T en Philips Telecommunicatie, Hilversum: no 8.
 Hughes Aircraft Corporation: no 10, 13.
 W. Horsthuis, TU Twente: no 11.
 Philips, Eindhoven: no 12.
 De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur.

Een houtbij in de ingang van haar nest. Houtbijen onderscheiden zich van alle andere groepen bijen, doordat zij nesten in gangen in bomen en groene planten.



H.H.W. Velthuis

*Laboratorium voor Vergelijkende Fysiologie
Rijksuniversiteit Utrecht*



Tussen holletje en honingraat

Bijen gelden algemeen als sociale insecten. De meest bekende soort, de honingbij, leeft immers in strak georganiseerde kolonies. Er is echter een groot aantal soorten dat solitair leeft. Tussenvormen komen ook voor. De houtbijen bijvoorbeeld kennen vormen die een sociaal gedrag vertonen, waarbij enkele vrouwtjes gezamenlijk nestelen. Studie van het gedrag van deze bijen verschaft het nodige inzicht in de manier waarop de verschillende sociale verbanden in de evolutie tot stand zijn gekomen.

HOUT BIJEN

Bij het woord 'bij' denkt de leek meestal alleen aan de honingbij, een in grote kolonies voorkomend insect dat honing en was voortbrengt en bloemen bestuift. Daarbij ziet men dan over het hoofd, dat zo'n 20 000 zeer verschillende soorten bijen de wereld bevolken. Verreweg het grootste deel daarvan leeft niet in kolonies, maar is solitair, dat wil zeggen dat ieder vrouwtje een eigen nest heeft, waarin ze broedcellen maakt: hermetisch afgesloten hokjes waarin een eitje en een voedselvoorraad voor de toekomstige larve.

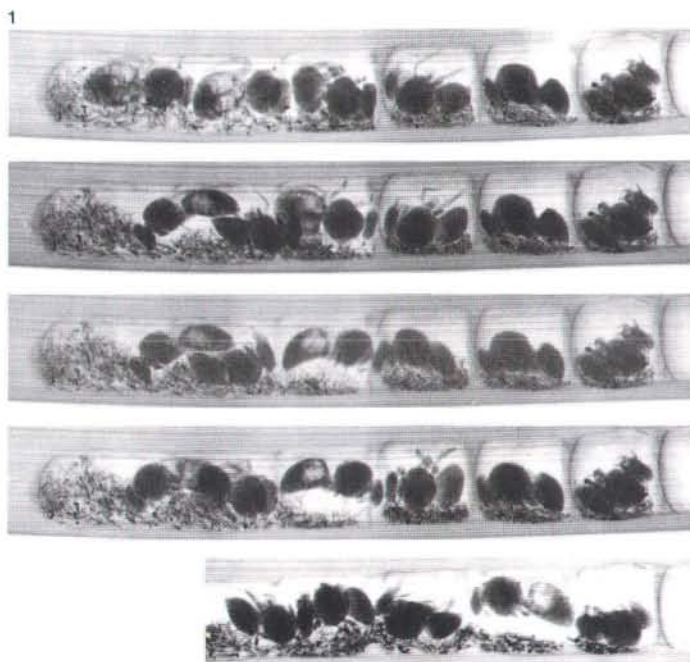
Kolonievormende soorten komen bij verschillende families bijen voor (afb. 2). Men vindt ze vooral bij de Halictidae (groefbijen), de Apidae, waarin, naast de honingbijen, ook de tropische angelloze bijen en de hommels thuishoren, en bij de Anthophoridae. In de laatste familie betreft het dan met name de houtbijen die, zij het primitieve, kolonietjes vormen.

Sociaal gedrag komt onder de insecten in een aantal verschillende vormen voor. Terwijl er bij de meeste insectesoorten geen contact is tussen de moeder en haar nakomelingen, zijn er ook enkele groepen, waarbij de moeder haar eigen larven verzorgt. Dit houdt in, dat er

onderlinge communicatie is. We noemen dit een *subsociaal* verband.

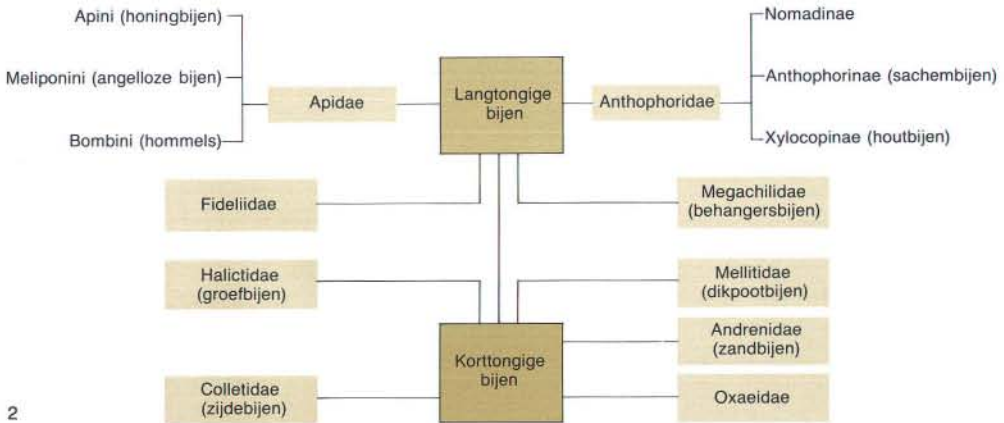
Andere sociale relaties hebben betrekking op contacten tussen volwassen individuen die in eenzelfde nest voorkomen. Een dergelijk nest is eigenlijk een aggregatie (samenvoeging) van afzonderlijke nesten. Een aantal wijfjes nestelt zeer dicht opeen. Ieder heeft een eigen nestje en is dus in wezen solitair. Zulke aggregaties komen vaak tot stand, doordat er bijzondere eisen aan het nestsubstraat, het materiaal waaruit het nest wordt gebouwd, worden gesteld en er daardoor maar weinig plaatsen zijn waar met succes kan worden gebroed. In zulke situaties kan het gebeuren dat twee wijfjes eenzelfde nestingang gebruiken, maar in het nest zelf ieder een eigen hoekje hebben, het zogenaamde *communale* nest.

Daaruit evolueert dan het volgende niveau, het *semisociale* nest, waarin de wijfjes niet langer gelijk zijn, maar tot een taakverdeling komen: één wijfje is dominant, stuurt de gedragingen van de andere en legt het leeuwedeel van de eieren. Haar nestgenoten nemen dan de overige taken, zoals het fourageren, de bewaking van het nest en dergelijke voor hun rekening. Telkens gaat het dan om dieren van on-



1. Vijf stadia in het uitlopen van de eerste nakomeling van een *Xylocopa sulcatipes*. De foto's zijn gemaakt met behulp van een röntgenapparaat; de dieren werden dus niet gestoord in hun nest. De bij uit de broedcel achterin het nest (links) doorbreekt achtereenvolgens alle tussenwanden en schopt de poppen in die nesten naar achteren. Op de onderste foto rest alleen nog de laatste broedcelwand. De korrelige massa op de bodem van de cellen zijn uitwerpselen die de larven in het laatste larvestadium hebben geproduceerd. Het tijdsverloop tussen de eerste en de laatste foto bedroeg 22 minuten.

2. De taxonomische indeling van de bijen volgens Michener.



geveer dezelfde leeftijd, die niet noodzakelijk-kerwijs verwant hoeven te zijn.

Weer heel andere kolonies bestaan uit één moeder, die wordt geassisteerd door haar eigen nakomelingen bij het voortbrengen van verdere broedsels. Die nakomelingen kunnen gelijkwaardig zijn aan of grote overeenkomst vertonen met hun moeder. Ze kunnen echter ook heel anders gebouwd zijn, zoals de werksters en soldaten, die we bij termieten, mieren, honingbijen en sommige wespen aantreffen. Zulke kolonies noemen we *eusociaal*. Zij komen uitsluitend voor bij de Isoptera (termieten) en de Hymenoptera (vliesvleugeligen).

De houtbijen vormen de overgangsgroep tussen de solitaire Anthophoridae en de Apidae, waarbinnen we de hoog-eusociale bijen aantreffen. De primitief-eusociale soorten, die we onder de houtbijen aantreffen, zijn daarom voor het begrijpen van de evolutionaire historie van die hogere vormen van bijzondere interesse.

Houtbijen: solitair tot eusociaal

De Anthophoridae zijn bijna allemaal solitaire grondnestelaars. Een nestje bestaat uit een in de grond uitgegraven tunnel met daarin broedcellen. In iedere broedcel wordt een hoeveelheid stuifmeel, vermengd met nectar, tot een bal gekneet. Vervolgens legt het wijfje een ei op dit zogenaamde bijenbrood en sluit de cel af. De meest primitieve houtbijen, behorend tot het genus *Proxycopa*, nestelen nog in de grond, maar alle overige houtbijen nestelen in plantedelen. De kleinere houtbijen, samen de

groep der Ceratinini vormend, nemen daarvoor gebroken grashalmen of holle twijgen, een natuurlijke holte waaraan doorgaans maar weinig hoeft te worden veranderd. De grotere houtbijen of Xylocopini, kunnen op soortgelijke wijze gebruik maken van reeds voorhanden zijnde ruimtes in plantaardig materiaal, maar er zijn ook soorten die zulke gangen zelf graven.

Soorten die in afgebroken stengels nestelen hoeven slechts te zoeken naar een geschikt exemplaar. Zij zijn niet erg kieskeurig met betrekking tot de plantensoort waarin zij nestelen. Andere soorten knagen zich een weg naar zo'n natuurlijke holte; zij maken een opening in een niet-gebroken stengel. Daarbij moet er wel een binding bestaan tussen bij- en plantensoort, want de bij moet in staat zijn die plantensoort in het milieu te herkennen vóórdat met knagen wordt begonnen. Zo'n stengel kan zacht zijn, zoals de bloeiendstengel van een schermbloemige, of hard, zoals bamboe. De kaak moet aan de betreffende plant zijn aangepast, want voor het snijden, knippen of bijten in harde delen of het raspen en schaven aan zacht merg is telkens een ander type instrument nodig. De specifieke bouw van de kaak noopt dus tot selectie van het nestsubstraat. Tenslotte zijn er soorten, die de tunnel geheel zelf construeren in een massieve, dode boomtak.

Al deze soorten hebben met elkaar gemeen dat ze nesten bouwen die eruit zien als rechte doodlopende tunnels. Daarmee delen ze ook het probleem dat, wanneer eenmaal de diepte van het nest is bepaald en achterin de eerste broedcel is gemaakt, de daaropvolgende

broedcellen er vóór komen te liggen. Deze versperren de weg naar buiten voor de eerste nakomeling, zodra deze de ontwikkeling heeft voltooid.

Verschillende soorten lossen dit op verschillende manieren op. Een mogelijke oplossing is dat er slechts één generatie per jaar wordt geproduceerd. Er is dan een rustperiode in de ontwikkeling tot adult of de eerste nakomeling wacht met het verlaten van de cel. Ondanks initiële leeftijdsverschillen verlaten de nieuwe adulten dan gelijktijdig de broedcellen.

Veel vaker zien we, dat het wijfje in korte tijd een beperkt aantal broedcellen produceert en dan stopt. Het aantal nakomelingen wordt dan niet alleen beperkt door de korte broedperiode, maar bovendien door de mate waarin voedselplanten beschikbaar zijn en hoe gunstig de klimatologische omstandigheden uitvallen. Van groot belang is, of een wijfje het meest gunstige moment weet te kiezen om met broeden te beginnen. Een nest maken en erin gaan broeden kunnen bij deze soorten onafhankelijke en in de tijd zeer ver uiteenliggende gebeurtenissen worden. Ook zijn er houtbijsoorten, die achtereenvolgens verschillende broedjes grootbrengen. Voor deze aanpassing is een lang leven nodig; van sommige soorten is vastgesteld, dat de wijfjes één jaar of langer kunnen leven.

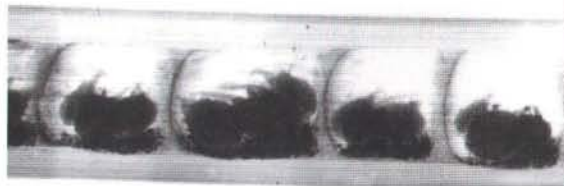
Een zeer interessante oplossing voor het probleem van het rechte nest zien we bij de Ceratinini, de groep van kleine houtbijen. Bij enkele soorten breekt het wijfje af en toe de wanden tussen de broedcellen af om de inhoud te inspecteren. Daarna worden ze weer dichtgemaakt. Bij een aantal andere genera is de broedcel zelfs geheel afgeschaft en worden de larven regelmatig gevoed met kleine porties bijenbrood. Hier is dus sprake van subsociaal gedrag. Bij *Braunsapis* gaat dit gepaard met het verplaatsen van de larven van de bodem van het nest, waar de eieren worden gelegd, naar de nestingang. Het ouderdier is daardoor in staat het nest alsnog te vergroten, ook al is zij reeds met broeden begonnen.

Binnen de Xylocopini, de grote houtbijen, treffen we een geheel andere oplossing aan voor het probleem van het rechte nest, namelijk het vertakte nest. Daartoe moet het ouderdier veel graven, bijvoorbeeld in dode maar nog geenszins vermolmden bomen. Is eenmaal een hoofdtunnel gegraven, dan kunnen korte

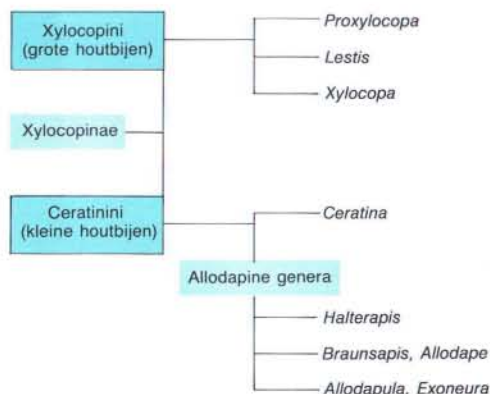
zijtunnels worden gemaakt, waarin ruimte is voor enkele broedcellen. Deze soorten kunnen op zeer verschillende ogenblikken een nieuwe broedcel beginnen en worden niet opgejaagd door de noodzaak het hele broedsel in korte tijd te voltooien. Een bijkomend aspect van het nestelen in boomstammen is, dat hetzelfde nest ook in het volgende seizoen gebruikt kan worden. Dode bomen vergaan minder snel dan takken, halmen of bloemstengels. Hierdoor kunnen ook de nakomelingen op deze plaats broeden. Vaak vergroten zij het oude nest of maken vlakbij een nieuw nest, waardoor communale nesten of nestaggregaties ontstaan. Afhankelijk van het type substraat waaraan de soort in de loop van haar evolutie aangepast raakte, kan een dergelijke primitieve kolonie vele generaties blijven bestaan.

Uit de subsociale nesten van de Allodapini, de moeders met hun nakomelingen, kunnen eusociale kolonies ontstaan. Ook bij de Xylocopini kan dat gebeuren. In beide gevallen is het daarvoor nodig dat de moeder lang genoeg leeft om haar volwassen dochters in het nest te ontmoeten en dat deze hun moeder gaan assisteren bij het bouwen van broedcellen. De gemeenschappelijke bewoning van het nest is

3

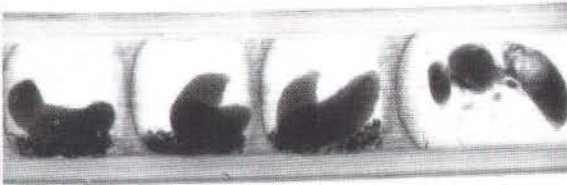


4





5



3. Röntgenopnamen van een nest van *Xylocopa sulcatipes*. Van links naar rechts zien we verschillende broedstadia in het nest (links het oudste). De grote poppen zijn vrouwelijk, de kleine mannelijk.

4. Een vereenvoudigde taxonomie van de houtbijen.

5. De communale zandbij *Andrena ferox*. Een aantal individuen maakt gebruik van een gemeenschappelijke nestgang, terwijl in het nest iedere bij voor eigen nageslacht zorgt (vergelijk voordeurdelers). Het is niet ondenkbaar dat in de loop van de evolutie uit dit soort samenlevingsverbanden gemeenschappen ontstaan, waarbij er taakverdelingen te onderscheiden zijn en waarbij het strikte verband tussen fourageeractiviteit en voortplanting, zoals bij *Andrena* op individu-niveau gevonden werd, niet langer aanwezig is.

vaak slechts tijdelijk. Na verloop van enkele weken verlaten de jongen het nest of sterft de moeder. In dat geval kan één van de dochters de reproductieve taak overnemen en is de kolonie semisociaal geworden.

Zo zien we dus, dat binnen de houtbijen alle vormen van sociaal gedrag voorkomen en dat we goeddeels begrijpen, welke factoren bij het ontstaan ervan een rol moeten hebben gespeeld.

Facultatief sociaal

Tot dusver hebben we de verschillende soorten houtbijen onderling vergeleken. Er is echter een aantal soorten houtbijen, waarbij het sociale leven *facultatief* is: sommige individuen leven solitair in een nest, andere in kleine groepjes. Dat stelt ons in staat de voor- en nadelen, die aan beide wijzen van nestelen zijn verbonden, te onderzoeken. We hebben dit in samenwerking met enkele Israëlische collega's gedaan bij twee *Xylocopa*-soorten, die naast el-

kaar voorkomen in het woestijngebied ten zuiden van de Dode Zee. De ene soort, *Xylocopa sulcatipes*, is een typische woestijnbewoner, die in het gebied tussen Pakistan en de Middellandse Zee voorkomt. Ze nestelt in zeer gevarieerd materiaal, zoals in bestaande holten in de stengels van een grote rietsoort (*Arundo donax*), of knaagt zelf een gang in dunne takken. De veelzijdigheid van deze soort ten aanzien van het nestsubstraat zal wellicht verband houden met het feit, dat in een woestijngebied geschikt nestmateriaal doorgaans schaars is. De nesten zijn altijd lineair van opbouw. Soms bewonen twee wijfjes samen een nest, doorgaans nestelen ze apart.

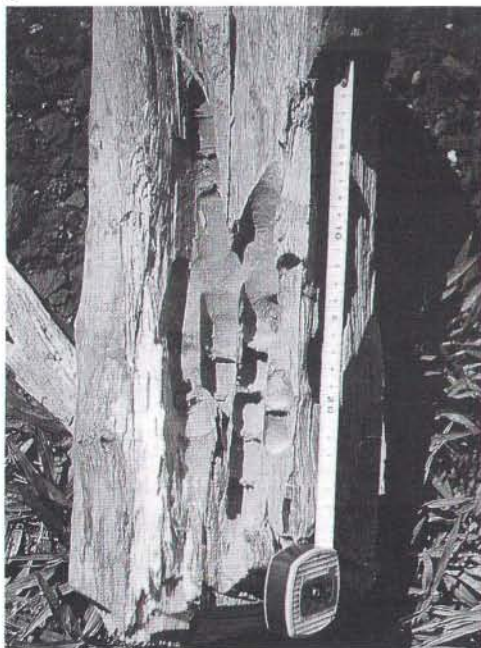
De andere soort is *X. pubescens*, een tot in Ethiopië voorkomende Aziatisch-afrikaanse soort. Dit dier leeft in meer groene gebieden, waar bloemen en nestmateriaal in ruimere mate voorhanden zijn, maar komt ook in oasen in de woestijn voor. De nesten worden gemaakt in dikke takken en de stammen van dode bomen. Ze bestaan uit een vertakt gangstelsel. Aggregaties of communale nesten ontstaan in de loop van een reeks generaties.

Alle activiteiten van de bijen binnen het nest konden worden bestudeerd met behulp van

een draagbaar röntgenapparaat. Doordat in een woestijngebied nestmateriaal schaars is, kunnen we wijfjes lokken in door ons beschikbaar gestelde plantedelen. Voor *X. sulcatipes* kozen we voor 20-30 cm lange delen van de *Arundo*-stengel; voor *X. pubescens* voor uit populieren gezaagde plankdelen. Hierdoor konden we de bijen dwingen het te construeren nest tot een tweedimensionale configuratie te beperken. Door het plakken van kleine stukjes metaal op het borststuk waren individuen te herkennen. Aan zulke nesten werd het maken van de nestgang, het bevoorraden van broedcellen, het leggen van een ei en het bouwen van tussenwanden bestudeerd. Tegelijkertijd werd buiten het nest de vliegactiviteit geregistreerd.

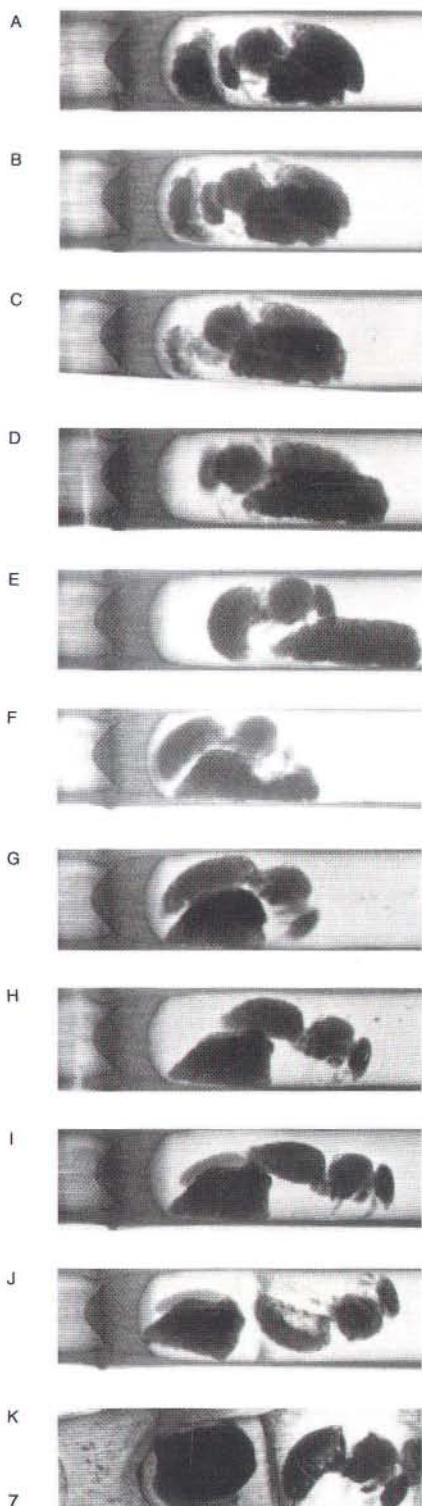
Voor het bevoorraden van een broedcel met stuifmeel en nectar moet een aantal malen worden uitgevlogen. De twee houtbijsoorten bleken hierin opmerkelijk te verschillen. *X. sulcatipes* maakt afzonderlijke vluchten voor stuifmeel en nectar: eerst wordt een aantal ladingen stuifmeel aan het einde van de nestgang gedeponeerd, dan wordt nectar gehaald welke met de stuifmeelvoorraad wordt gemengd. De verhouding nectar-stuifmeel wordt tamelijk precies gereguleerd. Tijdens het mengen zal

6



6. De structuur van een houtbijnest in een *Eucalyptus* is mooi te zien aan dit geopende nest. Het is van de soort *X. frontalis*.

7. Een vrouwtje van *Xylocopa sulcatipes* bereidt een bijenbrood. De achterin het nest aanwezige voorraad nectar en stuifmeel wordt met de kaken en de tongschede onder het vrouwtje gewerkt en goed gemengd (A-C). Daarna likt zij de achterwand van het nest, vermoedelijk om dit deel van de toekomstige celwand waterdicht te maken (D). Het wijfje draait zich om en drukt het bijenbrood tegen haar achterlijf, dat als een soort mal fungeert (E-F). De voorkant van het bijenbrood wordt afgerond en voorzien van twee stompe pootjes op de hoeken. Met het achterlijf wordt in de bovenzijde een geultje gedrukt (G). Vervolgens stapt het vrouwtje naar voren (H) en legt een ei (I). Met een zwaai van haar achterlijf tegen de voorkant van het bijenbrood stoot ze dit naar achteren waarna zij begint aan het maken van de afsluitende celwand (J). Hiervoor gebruikt ze schraapsel van de tunnelwand. Opnieuw dient het achterlijf als mal. De celwand ziet eruit als een spiraalvormig opgebouwd deksel. Is deze gereed, dan begint zij aan de volgende broedcel.



TABEL 1. Tijdsinvestering bij het fourageren

| | <i>X. sulcatipes</i> | <i>X. pubescens</i> |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| Nestelt in | Enkelvoudige tunnel | Vertakt nest |
| Aantal vluchten per broedcel | 33 | 11 |
| Aantal minuten vliegen per cel | 221 | 144 |
| Gemiddelde vluchtduur (min.) | 6,7 | 13 |

het wijfje de informatie opdoen over de reeds verzamelde hoeveelheid en de samenstelling van het voer, waardoor het verdere verzamelgedrag wordt beïnvloed. *X. pubescens* verzamelt de twee voedselcomponenten tijdens dezelfde vlucht en mengt ze telkens met de reeds aanwezige voorraad, direct na terugkeer in het nest. Deze soort heeft dan ook een betere controle over de totale hoeveelheid voedsel per broedcel dan *X. sulcatipes*. In totaal vergt het maken van één broedcel bij beide soorten één tot drie dagen werk.

Samenhangend met deze verschillen in verzamelgedrag is er ook een opmerkelijk verschil in het aantal gemaakte vluchten en de duur daarvan. Terwijl *X. sulcatipes* vele, kortdurende vluchten maakt, heeft *X. pubescens* aan gemiddeld 12 vluchten genoeg voor het maken van een broedcel. De totale tijdsinvestering is bij *X. sulcatipes* aanzienlijk groter dan bij *X. pubescens*. Dit is juist tegenovergesteld aan wat we mochten verwachten op grond van het type nest: *X. sulcatipes*, met het lineaire nest, zou juist zeer efficiënt moeten zijn, omdat het wijfje na eenmaal te zijn begonnen, onder grote tijdsdruk staat.

Krakers

De verklaring voor deze verschillen is, dat ook andere factoren een rol spelen, in het bijzonder de noodzaak het nest te verdedigen. Verscheidene malen hebben we waargenomen, dat een wijfje erin slaagde een reeds bewoond nest te bezetten, hetzij via 'insluiping', als de bewoner uitgevlogen was, hetzij via een direct gevecht met de aanwezige bewoner. Meestal echter is de bewoner thuis en in staat zo'n aanval

af te slaan. Ze klemt zich dan in de nestingang, maakt stotende bewegingen naar buiten of achtervolgt zelfs de indringster in de vlucht. Is een indringer eenmaal binnen, dan is het veel moeilijker haar kwijt te raken. Vechtpartijen in het nest kunnen wel 30-45 minuten in beslag nemen. De dieren duwen dan met de koppen tegen elkaar, bijten in de antennen en poten en proberen elkaar met hun angel te steken. Na afloop van het gevecht zijn beide zwaar gehavend en volkomen uitgeput; de verliezer wordt het nest uitgeduwd, valt als een blok naar beneden en krabbelt pas minuten later weer op.

We veronderstellen dat bij *X. sulcatipes*, de soort die volledig aan het woestijnleven en de daarmee samenhangende schaarste aan nestgelegenheid is aangepast, de verdediging van het nest zo'n hoge prioriteit heeft dat de efficiëntie van het voedselverzamelen hieraan is opgeofferd. Door kortdurende vluchten te maken is het nest haast nooit verlaten en heeft een potentiële indringer te weinig gelegenheid intussen het nest te lokaliseren, te onderzoeken en in beslag te nemen.

X. pubescens heeft gedragseigenschappen die meer zijn aangepast aan een groener biotoop, waar nestgelegenheid minder schaars is. Hierdoor kan het accent liggen op het efficiënt verzamelen van voedsel. Daar waar de biotopen van beide soorten overlappen, zijn we in staat de voor- en nadelen van de alternatieve prioriteitstellingen te onderzoeken.

Semisociaal gedrag van *X. sulcatipes*

Sociaal gedrag ontstaat bij de twee soorten op verschillende wijze. Bij *X. sulcatipes* kan een wijfje in het nest van een ander wijfje ook binnendringen voordat deze met het broeden is begonnen. Na langdurig bakkeleien aan de ingang lukt het dan om binnen te komen. Zonder al te grote conflicten leven beide vrouwtjes dan samen in het nest. Zo ontstaat vervolgens een semisociaal kolonietje.

Een soortgelijke combinatie van twee wijfjes kan overblijven, wanneer na de winter, waarin vele dieren samen een oud nest bewonen, het ene na het andere wijfje vertrekt naar een eigen nest. Soms probeert een wijfje te nestelen in het winternest, wanneer er nog een aantal wijfjes zijn, maar al het verzamelde voedsel wordt dan door de anderen geconsumeerd. Pas wanneer er slechts twee wijfjes

8. Een wijfje van *Xylocopa sulcatipes* tracht een nest van een ander wijfje, dat nog net zichtbaar is in de opening, binnen te dringen. Ze probeert de bewoonster naar achteren te duwen, zodat ze samen in het nest terechtkomen. In het nest wordt daarna nog enkele uren gebakkeleid, waarna geleidelijk onderlinge tolerantie ontstaat en er tenslotte een taakverdeling met de bijbehorende dominantiehierarchie ontstaat.

9. In dit geopende nest van een *Xylocopa*-soort zien we een bolletje bijenbrood met daarop een larve. Een nieuwsgierig spinnetje verkent dit merkwaardige huisje.



8

achtergebleven zijn, blijft er genoeg voedsel over voor het maken van een broedcel. Semi-sociale nesten ontstaan dus ook uit winter-aggregaties.

Tussen de twee *X. sulcatipes*-wijfjes is er vaak een soort taakverdeling: het ene wijfje is actief, verzamelt voedsel, maakt broedcellen en produceert de eieren, terwijl het andere inactief is en zich beperkt tot het zitten in de nestingang. Zij is in staat haar medebewoonster van indringsters te onderscheiden: de eerste wordt binnengelaten, de indringsters hardnekkig geweerd. Daar staat tegenover, dat de actieve bij nectar uit haar maag afgeeft en toestaat dat van haar stuifmeelvoorraad wordt gegeten. In korte tijd is in het nest de beschikbare ruimte met broedcellen gevuld, waarna gewacht moet worden op het uitkomen van de jongen.

Omdat deze soort eerst een nestplaats uitkiest en inricht, voordat met het broeden wordt begonnen, produceert een door twee wijfjes bewoond nest meestal niet meer nakomelingen dan een waarin één solitair wijfje zit. We zien dan ook niet direct het biologische voordeel van het getweeën bewonen van het nest. Voor het actieve vrouwtje heeft het inactieve vrouwtje nog wel betekenis: zij verdedigt

het nest tegen een geringe vergoeding. Maar voor het verdedigende vrouwtje is de zin van het samenwonen niet duidelijk, omdat zij zich vermoedelijk niet voortplant, al zijn er wel voorbeelden van nesten waarin beide wijfjes eieren leggen en de opbrengst van het nest dus delen.

In 1984 bleek ineens welk groot voordeel sociale nesten in vergelijking met solitaire nesten hebben. De winter was zeer droog geweest, waardoor er in de woestijn nauwelijks een bloeiende plant aanwezig was. Het verzamelen van een lading nectar of stuifmeel kon dus onmogelijk binnen enkele minuten gebeuren. De meeste vrouwtjes zaten dan ook inactief in hun nest, hopend op betere tijden, en produceerden geen broed. Maar uit de dubbel-bewoonde nesten vlogen wijfjes wel uit. Na gemiddeld 30 minuten keerden ze dan terug met voedsel. In deze nesten werd broed geproduceerd in een tempo, dat nauwelijks afweek van dat van normale jaren. Dubbele bewoning, en daar-

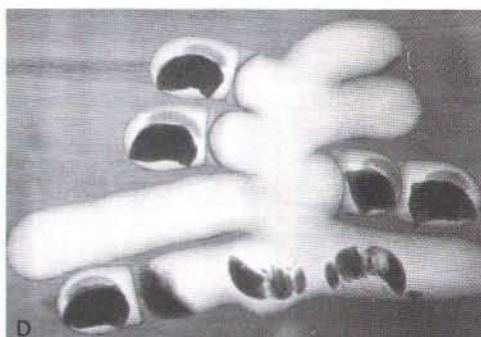
door ook dubbele verdediging, maakt broeden onder extreme omstandigheden mogelijk.

Dat die dubbele verdediging van pas kwam, bleek uit het gedrag van enkele *X. sulcatipes*-wijfjes, die zich specialiseerden in het inspecteren van andere nesten en, wanneer daar een bewoner ontbrak, broedcellen leegroofden of de voorraden wegsleepten. In grote massa's werd het bijenbrood naar het eigen nest gedragen en daar in eigen broedcellen omgezet. De vrouwtjes, die er het slachtoffer van waren, braken daarop het verzamelen van voedsel definitief af.

Ook enkele nesten van solitaire *X. pubescens*-wijfjes werden beroofd door deze *X. sulcatipes*-wijfjes. Alhoewel het *X. pubescens*-wijfje haar nest steeds heftig verdedigde, werd ze toch door de indringster in één van de zijgangen van het vertakte nest gedrongen, waarna de laatste de broedcellen in een andere zijgang vond en leeghaalde. Het vertakte nest heeft dus ook nadelen!

9





10

De eusociale nesten van *X. pubescens*

Sociaal gedrag bij *X. pubescens* ontstaat op een geheel andere wijze. Hier sticht een solitair wijfje het eerste nest, waarin de jongen, in de afzonderlijke korte gangen, op zeer uiteenlopende tijdstippen uitkomen. De moeder is nog volop bezig met het provianderen van nieuwe broedcellen, als haar eerste nakomelingen al uit hun cellen kruipen. Deze jongen worden door haar op dezelfde wijze gevoed als die we zagen bij het inactieve *X. sulcatipes*-wijfje: nectaroverdracht bij het thuiskomen van de moeder, stuifmeel eten van de in aanbouw zijnde broedcel. Een bijzonderheid is hier, dat het jonge dier dat het dichtst bij de ingang zit ook de meeste nectar krijgt. Wanneer er meerdere jonge dieren in het nest zijn, is het voor hen dus zaak zo dicht mogelijk bij de ingang te zitten. Dat ze daardoor, ongemerkt, ook de beste nestverdedigers worden, hoeft geen betoog. Sommige moeders zijn zeer actieve foudrageersters: hun lukt het, om zoveel voedsel aan te slepen dat ook nog nieuwe broedcellen kunnen worden gemaakt. Andere hebben of

teveel jongen te voeden, of zijn te weinig actief om nog tot broeden te kunnen komen. In ieder geval zien we twee nieuwe functies in het sociale gedrag ontstaan, die we bij de hogere sociale vormen zoals de honingbij meer uitgewerkt tegenkomen: de verdediging van moeders nest en de voeding van volwassen nakomelingen via de voedseluitwisselingen. In het geval van *X. pubescens* kan de stuifmeelconsumptie van een volgroeide jonge bij de hoeveelheid die het als larve heeft gegeten, evenaren. Die voeding zal haar ongetwijfeld in staat stellen eerder aan de eigen reproductie te beginnen dan zonder moeders hulp mogelijk is.

Moeders worden oud en dochters gaan op eigen benen staan. Dat betekent voor *X. pubescens*, dat sommige dochters uitvliegen en niet meer terugkeren. Andere vergroten het ouderlijke nest. Zij kiezen zich een eigen zijtunnel uit, die wordt vergroot. De ingang daarvan wordt als eigenlijke nestopening gekozen. Als ze thuis is en niet aan haar nest werkt, zit zo'n wijfje aan de ingang van haar eigen tunnel. We vermoeden, dat tot op zekere hoogte ook stuifmeel van de ene broedcel naar die van een an-

10. Nestroof bij *Xylocopa pubescens*. In het oorspronkelijk nest ligt links onderin in de oudste broedcel een pop. De indringster zit middenboven (A). Het tweede wijfje verovert vervolgens het nest en haalt alle broedcellen, behalve de oudste, leeg. Bovenin heeft zij al twee nieuwe gangen gegraven (B). Terwijl de indringster haar derde broedcel afsluit, komt de nakomeling van het eerste wijfje uit haar cel (C). Dit jong blijft in het nest. Op foto D is te zien dat zij op haar rug ligt voor de ingang van een cel waar al een voorraad bijenbrood is opgeslagen. Dit wordt de bedelhouding genoemd en kan leiden tot de overdracht van nectar.

TABEL 2. Broeden, fourageren en sociaal gedrag van *X. sulcatipes* bij grote droogte

| | Solitair | 2 ♀♀/nest |
|-------------------------------------|----------|-----------|
| Aantal nesten | 10 | 4 |
| Aantal broedcellen per nest | 0,3 | 4,75 |
| Aantal vluchten met stuifmeel | 0,25 | 4,25 |
| Aantal vluchten met nectar per nest | 1 | 2,5 |

der wijfje wordt verplaatst, maar zekerheid daarover hebben we nog niet. In ieder geval groeit de familie uit tot enkele broedende wijfjes, die onderling regelmatig in conflict zijn, maar die elkaar tot op zekere hoogte in het gemeenschappelijke gangenstelsel verdragen. De oude moeder kan nog als actief vrouwtje aanwezig zijn of kan, als inactief vrouwtje in de ingang van het nest zitten. Zij wordt daar door terugkerende vrouwtjes gevoed. Na de dood van de oude moeder gaat de eusociale kolonie over in een gemeenschap van zusters, een semi-sociale kolonievorm dus, zonder dat dit iets verandert in de relaties tussen de dieren.

Ook bij *X. pubescens* komt nestroof voor. De aanwezige broedcellen worden dan door het nieuwe vrouwtje rigoreus leeggehaald, inclusief de nog aanwezige voedselvoorraden. Soms wordt een enkele cel over het hoofd gezien, waaruit dan later de eerste jonge bij komt. Dit stiefkind wordt als een eigen nakomeling behandeld; zij verdedigt het nest en ontvangt voedsel. Na voldoende te zijn gerijpt zal zij, na ongeveer twee tot drie weken, aan de eigen voortplanting beginnen.

Sociaal gedrag in de evolutietheorie

Darwins evolutietheorie legt verband tussen gebeurtenissen in het leven van een individu en de eigenschappen van populaties, soorten en hogere taxonomische eenheden, via de erfelijke component van aanpassingen aan milieu-omstandigheden. Individuen die het best zijn aangepast profiteren het meest van de aanwezige mogelijkheden om zich voort te planten. Hun genetische eigenschappen nemen daardoor binnen de populatie in frequentie toe. Te weinig realiseren we ons hoe geniaal deze gedachte was, een halve eeuw voordat wij inzicht begonnen te krijgen in het mechanisme van de erfelijkheid als zodanig.

In zijn 'The Origin of Species' gaat Darwin uitvoerig in op de sociale insecten. Hun gedrag is op het eerste gezicht in strijd met de evolutietheorie, omdat in kolonies van mieren, termieten, bijen en wespen steriele individuen voorkomen, de soldaten en werkers, die bij een aantal groepen een zeer afwijkende vorm hebben. Van deze individuen, die voor de kolonie als geheel zeer waardevol zijn, kan de erfelijke aanleg niet op de klassieke wijze aan volgende generaties worden doorgegeven. Darwin verlegt dit naar de koningin: wanneer zij de eigenschap bezit de eieren te produceren waaruit steriele vormen voortkomen en wanneer de kwaliteit van deze steriele vormen een essentiële factor is voor de produktie van geslachtelijke vormen binnen de kolonie, berust het ontstaan van de sociale insecten uiteindelijk weer op selectiemechanismen, inwerkend op de koningin.

In de jaren zestig legde Hamilton het verband tussen de bij de Hymenoptera (waartoe de mieren, bijen en wespen behoren) zo veelvuldig optredende evolutie van het sociale gedrag en de wijze waarop bij deze insecten het geslacht wordt bepaald. Deze geslachtsdeterminatie berust hier niet op het al of niet voorkomen van een Y-chromosoom maar op het al dan niet bevrucht zijn van het ei. Uit een onbevrucht ei dat haploïd is, dat wil zeggen slechts één set chromosomen bevat, ontstaat een mannetje. Is het ei bevrucht, dus diploïd, dan ontstaat een vrouwelijk individu. Doorgaans bepaalt een Hymenoptera-wijfje, op grond van informatie uit het milieu, of ze tijdens het leggen van het ei sperma uit haar spermatheca (een bewaarzakje, dat bij de paring werd ge-

11. Een wijfje van *X. pubescens*, dat met een verfstip is gemerkt, verzamelt nectar op *Calotropis procera*, een typische woestijnplant die door houtbijen wordt bestoven. De nectar zit in sponzig weefsel binnen in vlezige ribben aan de centrale as van de bloem. Alleen bijen met stevige en lange monddelen kunnen daardoorheen prikken om het sponzige weefsel te bereiken.

12. Een mannetje van *X. frontalis* in de nestopening. De tongschede is geopend bij de nadering van een vrouwtje met voedsel.



11

vuld) tot het ei zal toelaten. Hierdoor kan zij louter vrouwelijke nakomelingen produceren, die onder invloed van voedselactoren vervolgens uitgroeien tot soldaten, werksters of jonge koninginnen.

Hamilton heeft erop gewezen dat, indien het sperma van dezelfde vader afkomstig is, er ongewoon hoge graden van verwantschap ontstaan. Omdat de mannetjes haploïd zijn, treedt er bij de spermaproductie geen reductiedeling op, zodat de spermacellen genetisch identiek zijn. Daardoor hebben volle zusters gemiddeld 75% van hun genen gemeenschappelijk, tegen 50% bij organismen waarbij beide geslachten diploïd zijn. Theoretisch kan de

hoge mate van verwantschap ertoe leiden, dat een wijfje er de voorkeur aan geeft haar moeder te helpen bij de produktie van een volle zuster. Daarbij ontstaat immers een individu met 75% van haar genenmateriaal. Zou zijzelf via een reductiedeling, een ei produceren, dan heeft haar dochter of zoon slechts de helft van haar genenmateriaal.

We kunnen ons nu voorstellen, dat via zulke moeder-dochter-associaties na verloop van een aantal generaties individuen ontstaan, die zozeer zijn geselecteerd op een helpende functie, dat zij hun erfelijke eigenschappen via de indirecte weg van hulpverlening aan verwanten overdragen. Hun genetische specialisatie op

hulpverlening blijft in de populatie bestaan als een hoge mate van verwantschap gegarandeerd is.

De eerste voorwaarde die dan gesteld moet worden is dat het voor wijfjes voordelig moet zijn (of moet zijn geweest) om slechts met één mannetje te paren. Vervolgens moet een individu, nadat het volgroeid is, in staat zijn de nestgenoten van niet-nestgenoten te onderscheiden, waarvoor naast individu-specifieke kenmerken – doorgaans zijn dit complexe mengsels van geuren – ook een goed leervermogen aanwezig moet zijn. Tenslotte moet de biologie van de soort en van haar evolutionaire voorgangers zodanig zijn, dat er een behoorlijke zekerheid ontstaat omtrent de verwantschap.

Er is dus een aantal voorwaarden waaraan voldaan moet worden voordat de door Hamilton aangegeven evolutionaire route kan worden bewandeld. Immers, niet alleen de punten van vertrek en aankomst in het evolutieproces spelen een rol, ook alle fasen daartussen moeten voldoen aan de eis, dat elke genetische verandering in evolutionaire zin ook een verbetering is. Een complexe kolonie ontstaat niet plotsklaps, maar is geleidelijkaan in de loop van een langdurig evolutieproces tot ontwikkeling gekomen.

Onze beide houtbijsoorten bevinden zich in de eerste fasen van dat proces. Beide soorten waren genoodzaakt de mogelijkheid te ontwikkelen onder bepaalde omstandigheden met meerdere wijfjes in één nest te leven. Bij beide *Xylocopa*-soorten ging het om concurrentie

om nestgelegenheid en de verdediging van het nest en zijn inhoud.

De interactiepatronen tussen individuen in het nest lijken bij de twee soorten zeer veel op elkaar. Bij *X. sulcatipes* zijn het veelal zusters die samen een nest bewonen. De helpster in het nest ziet derhalve ten hoogste de helft van de maximale verwantschap, 37,5% van haar genen, in het broed terug. Dit is te weinig om ooit te kunnen leiden tot de ontwikkeling van een aparte werksterklasse. Bij *X. pubescens* komt de moeder-dochter-associatie voor, waardoor deze mogelijkheid wél aanwezig is. Maar hier is er in de praktijk telkens de onzekerheid voor het 'helpende' inactieve dier of de ander de moeder, de dochter, een zuster of een volkomen niet-verwant individu is.

'Helpende' dieren bij de sociale vormen onder de houtbijen zijn derhalve beter te karakteriseren als gedomineerde dieren, omdat ze naast de zekerheid een nest te hebben waarin ze voedsel ontvangen, genoeg nemen met een slechts kleine kans ooit in dat nest tot voortplanting te kunnen komen. Maar ze hebben weinig keus. Een *X. pubescens*-wijfje vindt, na een relatief lange rijpingsfase, misschien nog een eigen hoekje of eigen nestplaats, voor een *X. sulcatipes*-wijfje is altijd de schaarste van nestgelegenheid in de woestijn een zekerheid. Het besluit te vertrekken om elders betere mogelijkheden te zoeken betekent het aanvaarden van zeer grote risico's. De keuze voor een geringe voortplantingskans in het oude nest kan dus zeer wel de beste zijn onder de gegeven omstandigheden.

12



Bronvermelding illustraties

Jane Burton/Bruce Coleman Ltd., Uxbridge: opening.
Remko Leys: 5.
Drs J. van der Blom, Vakgroep Vergelijkende Fysiologie, R.U. Utrecht: 8, 11.
Peter Ward/Bruce Coleman Ltd., Uxbridge: 9.
Alle overige illustraties zijn van de auteur.

Gert Kiers
Utrecht

Sterrenwacht in de ruimte

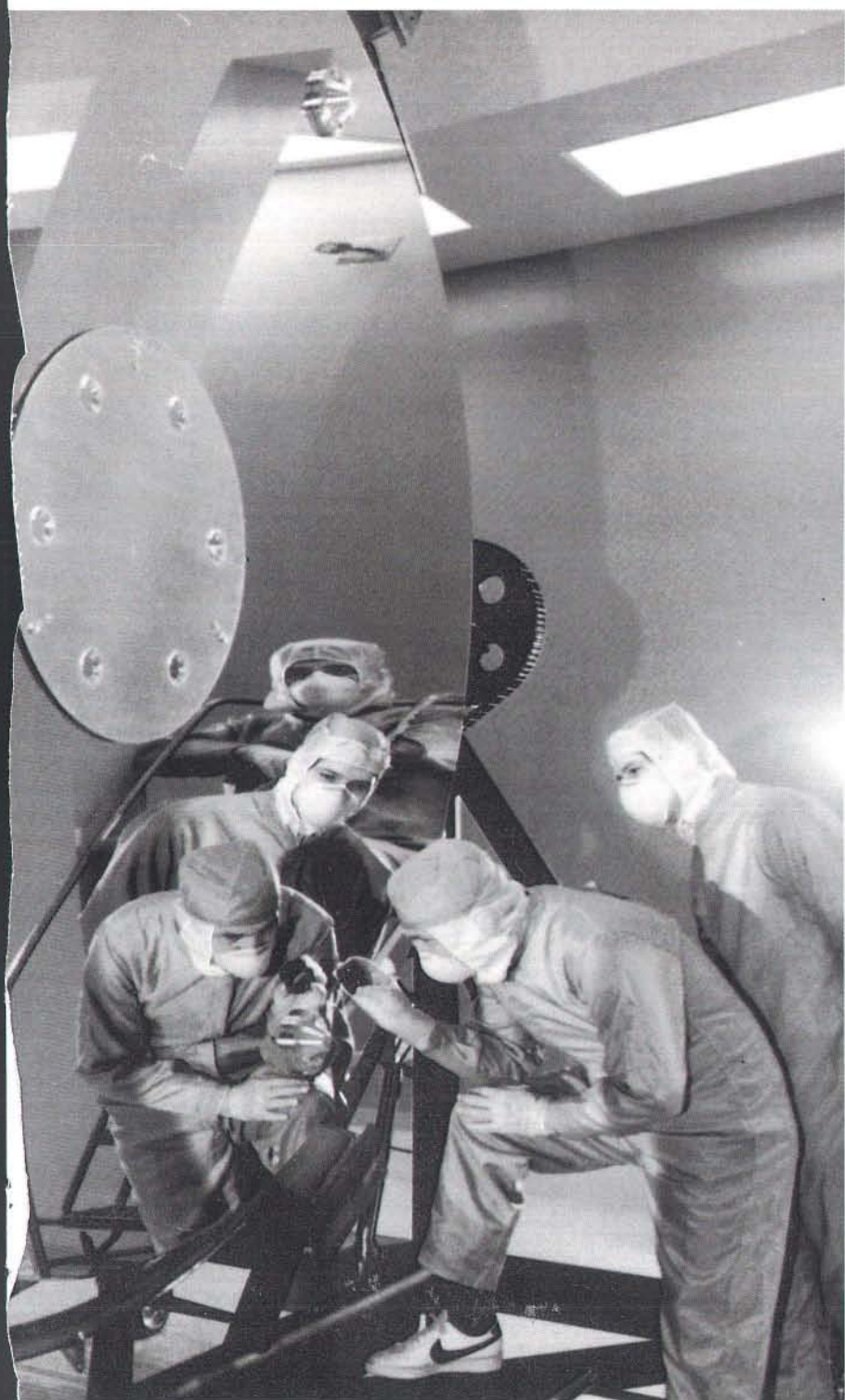
De Hubble Space Telescope is voor astronomen een droom die hopelijk werkelijkheid wordt. Eenmaal buiten de dampkring kan deze supertele-scoop tienmaal verder het heelal in kijken dan de telescopen op aarde. De ruimte-telescoop ziet dan nog objecten die honderdmaal zwakker zijn dan de telescopen die vaste grond onder hun voeten hebben.

De grote hoeveelheid informatie die de ruimtetelescoop zal leveren, moet enkele fundamentele problemen tot een oplossing brengen. Ook hopen de astronomen veel nieuwe, onverwachte ontdekkingen te doen.

Sterrenkundigen verwachten overigens niet dat Space Telescope een revolutionaire omwenteling zal brengen, maar wel enkele grote sprongen voorwaarts. Inmiddels is aan drie sleutelprojecten de meeste waarnemingstijd toegewezen. Voorlopig is de eerste zorg de telescoop heelhuids in zijn baan om de aarde te brengen. De ramp met één van de Space Shuttles heeft al voor een uitstel van twee jaar gezorgd.

De telescoopspiegel van de Hubble Space Telescope is de nauwkeurigste spiegel ooit gemaakt. Wanneer de spiegel vergroot zou worden tot het oppervlak van de aarde, zou geen berg op het oppervlak hoger dan 20 cm zijn.





HUBBLE SPACE TELESCOOP

De Hubble Space Telescope, die is vernoemd naar de Amerikaanse astronoom Edwin P. Hubble (1889-1953), behoort niet eens tot de top vijf van grootste telescopen. De spiegel heeft een diameter van 2,4 meter en dat is vrij klein vergeleken met aardse kijkers, die al gauw diameters van meer dan 3,5 meter hebben. Bovendien beschikt Space Telescope over slechts zes instrumenten om waarnemingen te doen. Een observatorium op de grond heeft al gauw het dubbele aantal.

Deze beperkingen worden echter volledig gecompenseerd. De zes instrumenten aan boord bevatten detectoren met een zeer hoge gevoeligheid. Ze zullen sterren en sterrenstelsels kunnen detecteren die honderdmaal zwakker zijn dan de detectoren achter aardse kijkers. Space Telescope kijkt hierdoor ongeveer tien maal verder het heelal in dan we op dit moment kunnen. Het licht van de sterren wordt naar de detectoren geleid via een uiterst precies geslepen en gepolijste spiegel. De nauwkeurigheid is zo groot, dat de afwijking van de theoretisch gewenste vorm overal minder dan 1/65e van de golflengte van rood licht (circa 600 nanometer) is. Het komt er op neer dat het spiegeloppervlak binnen tien nanometer van de gewenste positie zit, wat betekent dat de telescoop zeer scherp kan zien. Space Telescope is superieur aan de telescopen op aarde. De vraag is waarom er zoveel moeite in de ruimtetelescoop is en wordt geïnvesteerd: ongeveer tien jaar werk en bijna anderhalf miljard gulden. Die moeite is lonend, voor zover dat bij een wetenschappelijk instrument mogelijk is, omdat de telescoop buiten de dampkring kan opereren. De dampkring is voor de telescopen op aarde een grote hinderpaal bij het behalen van hun maximale prestaties.

De kilometers dikke luchtlaag, die boven de kijkers hangt, is constant in beweging en buigt het licht meer of minder, maar in elk geval onvoorspelbaar, van het rechte pad af. Het effect van deze turbulentie is in heldere nachten met strenge vorst goed te zien aan het twinkelen van de sterren. Bewegingen in de atmosfeer zorgen ervoor dat het licht van hemellichamen niet steeds op dezelfde plaats op een detector valt, maar in een klein gebiedje. Het beeld wordt een beetje uitgesmeerd, waardoor details van uitgebreide objecten als sterrenstelsels en gaswolken verdwijnen. Hoe groot de spiegels ook zijn, of hoe glad ze zijn geslepen, het

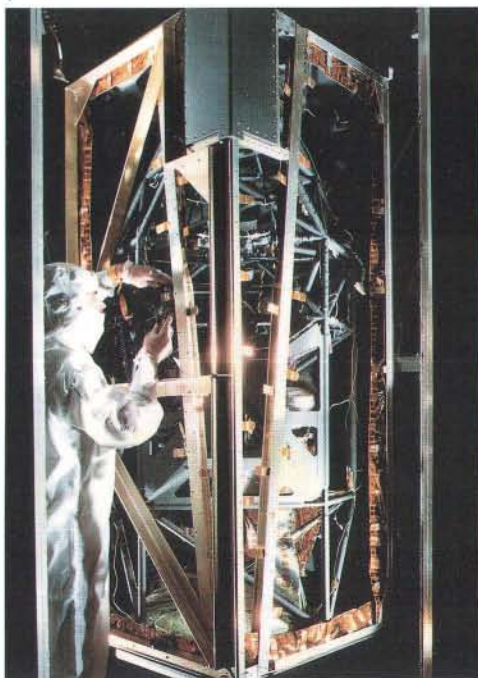
is de dampkring die de beperkingen van een grote telescoop bepaalt.

In de praktijk laat de atmosfeer een scheidend vermogen toe van ongeveer één boogseconde. Een astronoom die bijvoorbeeld een bolvormige sterrenhoop op tienduizend lichtjaar afstand bestudeert kan alleen aan de rand van de sterrenhoop de sterren afzonderlijk zien. Naar het centrum toe klonteren de sterbeeldjes samen. Daar is niet meer uit te maken welk licht van welke ster komt.

Voor de miljoenen lichtjaren ver weg staande sterrenstelsels is het niet eens meer mogelijk om afzonderlijke sterren te zien. In het spiraalstelsel M51 bijvoorbeeld, dat op ongeveer tien miljoen lichtjaar van ons af staat, zijn met aardse telescopen pas afzonderlijke sterren te zien als ze meer dan 50 lichtjaar van elkaar afstaan. Bijna alle sterren hebben daar echter burens die veel dichterbij staan. Op aarde ontvangen we van een stelsel als M51 dus een mengeling van licht van allerlei sterren.

Space Telescope zal het mogelijk maken om sterren dichterbij het centrum van een bolhoop te bestuderen en ook in M51 afzonderlijke sterren te zien.

1





2

1. De Faint Object Spectograph (FOS) in aanbouw. Vier grote wetenschappelijke instrumenten zijn in vier gelijkvormige containers achter de hoofdspiegel van de telescoop gebouwd. Wanneer deze FOS licht ontvangt passeert dat eerst een optische bank met diafragma's, een polarisatiefilter en lenzen. Daarna valt het op een buigingsrooster waar de verschillende golflengten onder verschillende hoeken uittreden. De detectie vindt in principe plaats op een array van 512 fotokathodes.

2. De zonnepanelen van de Hubble Space Telescope zijn een Europees produkt, gemaakt bij British Aerospace, onder auspiciën van de European Space Agency. Het zijn flexibele matten met zonnecellen die pas in de ruimte opgevouwen worden.

De atmosfeer legt nog meer beperkingen op. De bovenste lagen van de dampkring worden overdag door de zon bestraald en het ultraviolette deel van het zonlicht ioniseert en exciteert molekulen en atomen in deze luchtlagen. Wanneer de zon onder de horizon verdwijnt, vallen de aangeslagen deeltjes terug naar de grondtoestand en zenden daarbij licht uit: de atmosfeer gloeit 's nachts na, zij fluoresceert. Het nagloeien is weliswaar heel zwak, maar het maakt het de astronomen onmogelijk om zeer lichtzwakke objecten te bestuderen.

In een baan om de aarde heeft de Hubble Space Telescope geen last van de atmosferische bewegingen en gedragingen. Op ongeveer 600 kilometer boven de aarde kan de telescoop

optimaal profiteren van de omstandigheden. De waarnemingen zullen hier alleen nog worden beperkt door de afmetingen van de spiegel en de gevoeligheid van de detectoren. De diameter van de spiegel (2,4 meter) geeft theoretisch een scheidend vermogen van ongeveer 0,05 boogseconden, twintig maal beter dan op aarde mogelijk is. De detectoren zullen objecten kunnen waarnemen van magnitude 28 op de schaal die astronomen gebruiken om de helderheid van een object aan te geven. Op aarde kunnen telescopen slechts tot magnitude 23 komen, 100 maal helderder. Het blote oog kan met moeite objecten van magnitude 6 zien, wat ongeveer een miljard maal helderder is dan wat Space Telescope zal kunnen zien.

De instrumenten

De Hubble Space Telescope herbergt zes detectiesystemen. Eén daarvan is in feite een vizier om de telescoop te richten en gericht te houden. De andere vijf zijn wetenschappelijke instrumenten die licht verwerken dat door de grote spiegel is opgevangen.

Recht achter de spiegel zit de *Wide Field and Planetary Camera*. Dit instrument zal de waarnemingen doen voor de inventarisatie van zeer zwakke bronnen. Vier uiterst lichtgevoelige chips detecteren het licht. De vier vierkante chips bestaan uit 800 maal 800 kleine, lichtgevoelige halfgeleiders, die elk ongeveer 20 μm in het vierkant zijn. Deze chip is in staat om in ééntiende seconde sterren te detecteren van magnitude 16, en in 50 minuten objecten van magnitude 26, iets wat we op aarde niet kunnen. De detector is verder zeer geschikt om planeetoppervlakken te bekijken en kleine en grote veranderingen daarop te registreren.

Een ander instrument om zeer zwakke objecten te bekijken, maar dan in veel meer detail, is de *Faint Object Camera* (FOC). Dit in Europa gebouwde deel van de satelliet gebruikt een Image Photon Counting System (IPCS). Een IPCS is een instrument dat een foton omzet in een elektron. Het elektron wordt via een elektrisch en magnetisch veld naar een fosforschermbij

stuurd, waar het een lichtflitsje veroorzaakt. De positie van het lichtflitsje wordt bepaald en na verloop van tijd ontstaat een beeld van het object. In 3000 seconden kan de FOC objecten van magnitude 28 zien.

Er zijn twee spectrografen aan boord om de golflengten van het licht uit de ruimte te analyseren: de *High Resolution Spectrograph* (HRS) en de *Faint Object Spectrograph* (FOS). Beide instrumenten gebruiken Digicons, detectoren van siliciumdiodes. De HRS zal zeer nauwkeurig de plaats meten van spectraallijnen in het ultraviolette deel van het spectrum, bijvoorbeeld van witte dwergen in de Andromedanevel; iets wat nu nog niet mogelijk is. De FOS heeft niet dezelfde precisie als de HRS, maar kan lichtzwakkere objecten waarnemen.

Het vijfde instrument is de *High Speed Photometer* (HSP). Deze detector meet in zeer korte tijd de lichtintensiteit van vooral sterren. Tijdens één waarneming bepaalt de HSP maar liefst honderdduizend maal per seconde hoeveel licht er binnenkomt.

Het *Fine Guidance System* (FGS) tenslotte is het richtsysteem van de telescoop. Het bestaat uit drie zeer gevoelige sensoren, waarvan er twee worden gebruikt om de telescoop te richten. De derde sensor wordt gebruikt om zeer nauwkeurige posities van sterren en van de manen van Jupiter en Saturnus te bepalen.

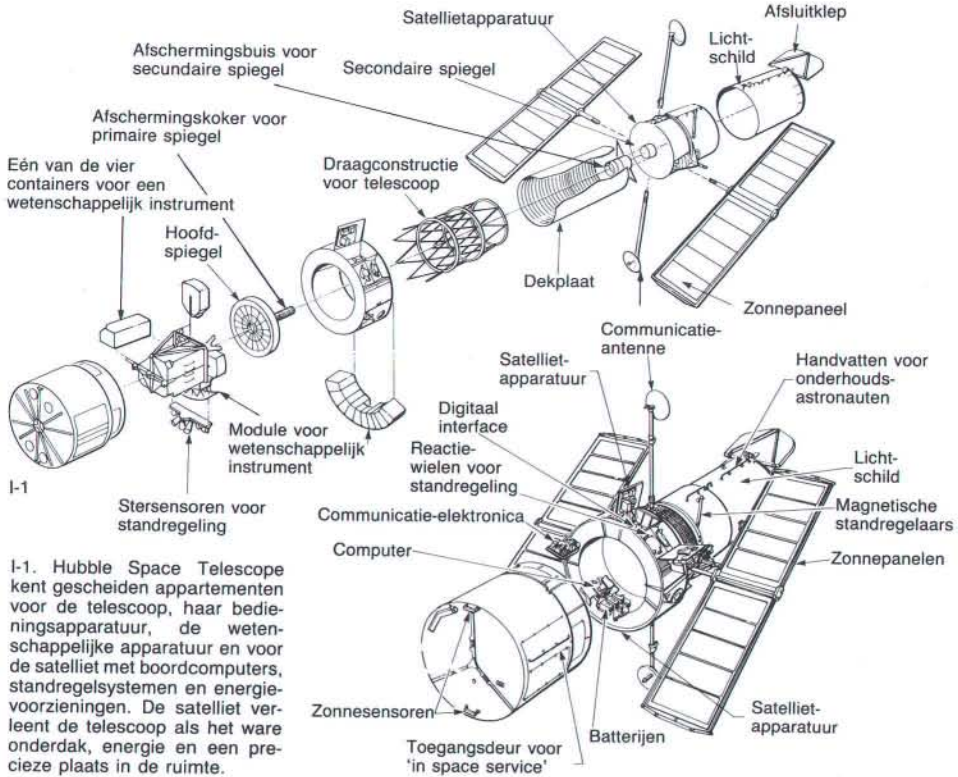
3 en 4. De satelliet en zijn inwonende telescoop zijn zo ontworpen dat astronauten in de ruimte servicewerkzaamheden kunnen uitvoeren. De satelliet heeft daartoe handvaten en luiken voor steun en toegang. De foto's tonen astronauten en assisterende duikers in een onderwatertank, waarin de toestand van gewichtloosheid vrij goed te benaderen is en het onderhoudswerk aan een model geoefend wordt.

Sleutelprojecten

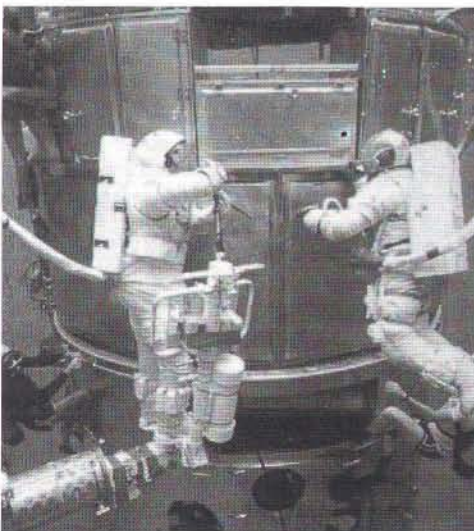
Twintig maal scherper zien en het vermogen honderd maal zwakkere objecten te detecteren, maken Space Telescope tot een supertele-scoop. Het is dan ook geen wonder dat er inmiddels drieduizend verzoeken voor waarnemingstijd zijn binnengekomen. Slechts een klein deel daarvan zal uiteindelijk ook echt 'telescooptijd' krijgen. De lijst met waarne-

3





4



ingsobjecten zal worden gesplitst in drie hoofdcategorieën, de sleutelprojecten. Het eerste project moet gegevens leveren over het bepalen van afstanden tot ver weg staande sterrenstelsels. De tweede categorie richt zich op *Quasi Stellar Objects* (QSO) en op *quasars*. Daarbij gaat het vooral om de spectra van deze objecten die de precieze aard van deze lichtzwakke hemellichamen moeten ontsluiten. De laatste groep projecten behelst zeer lichtzwakke objecten van uiteenlopende aard en tellingen van hoeveelheden van bepaalde objecten in het heelal. Daarnaast blijft er ruimte voor andere onderzoeken.

Afstandsbepaling

Het meten van afstanden in het heelal is al vanaf het begin van de sterrenkunde een probleem. Voornamelijk, omdat de afstanden zo

onvoorstelbaar groot zijn. Er bestaan nu een tiental methoden en trucs om verschillende afstandsgrootten te bepalen. Afhankelijk van het soort object (sterren of sterrenstelsels) en de geschatte afstand (honderden lichtjaren of miljoenen lichtjaren) wordt een andere methode gebruikt. Zoals we voor het opmeten van een kamer een rolmaat gebruiken, maar voor de afstand Brussel-Amsterdam liever rekenen op en met de kilometerteller van een auto.

Op aarde zijn de meetlatten goed op elkaar afgestemd, ze zijn geijkt. Voor astronomische afstanden blijken de diverse methoden helemaal niet op elkaar aan te sluiten. IJken in de ruimte is zeer moeilijk. Hierdoor zijn de afstanden niet of niet goed bekend.

Afstandsbepaling tot sterrenstelsels met de *Wet van Hubble* blijkt bijvoorbeeld een moeilijk ijkbare methode te zijn. In de jaren dertig ontdekte Edwin Hubble een verband tussen de afstand van dichtbij gelegen sterrenstelsels en de snelheid waarmee ze van ons af bewegen. De snelheden van sterrenstelsels zijn door de verschuiving van spectraallijnen in hun spectrum vrij eenvoudig te meten, en daarmee kunnen de afstanden tot stelsels eenvoudig worden berekend. De *Wet van Hubble* is zeer waardevol, omdat bijvoorbeeld oplichtende gaswolken die misschien de geboorteplaatsen van sterren zijn, alleen goed kunnen worden geanalyseerd als de afstand bekend is. Zoals gezegd: de *Wet van Hubble* is niet goed geijkt.

De ijking van de afstandsschaal gebeurt via een speciaal soort sterren: de Cepheïden. Dat zijn sterren die op een regelmatige manier van helderheid veranderen. Ze verkeren in de eindfase van hun leven en zijn wat instabiel. Een ijkmogelijkheid biedt het verschijnsel dat Cepheïden helderder zijn wanneer de periode waarin ze veranderen langer is. Sterren met een helderheidsfrequentie van acht dagen stralen dus veel meer licht uit dan sterren die in vier dagen weer terug zijn op hun oude helderheid. Door de *schijnbare helderheid* van de Cepheïde te meten, de hoeveelheid licht die we op aarde van de ster ontvangen en de verandingsperiode te bepalen waaruit we de *absolute helderheid*, de werkelijke hoeveelheid licht die de ster uitzendt, kunnen berekenen, is uit het verschil van schijnbare en absolute helderheid de afstand tussen aarde en Cepheïde te halen.

Het probleem is echter dat Cepheïden slechts zijn te zien in sterrenstelsels die dicht



5

5. De komeet Halley was vrij goed zichtbaar vanaf de aarde. Sterrenkundigen zijn zeer geïnteresseerd in levensloop, baan en herkomst van verre kometen. HST zal ook over die kometen helderheid verschaffen.

6. Space Telescope in de ruimte. Deze artist-impression is voorlopig een droom voor de astronomen. Het zal nog zeker twee jaar duren voor de lancering plaatsvindt.

bij staan dan ongeveer tien miljoen lichtjaar. Deze melkwegstelsels worden dus gebruikt om de *Wet van Hubble* te ijken. Voor een nauwkeurige ijking is het echter nodig om afstanden te weten van stelsels die honderd miljoen lichtjaar en verder weg staan. Maar vanwege het beperkte scheidend vermogen en de lagere gevoeligheid kunnen astronomen met de aardse kijkers in die veraf gelegen stelsels geen Cepheïden zien. Space Telescope heeft die mogelijkheden wel en zal een eind kunnen maken aan de onzekerheden over de afstanden.

Quasars

De tweede groep voorstellen richt zich op de mysterieuze Quasi-Stellar Objects, de QSO's waartoe ook quasars behoren. QSO's lijken zich, gezien de verschuivingen in de spectra,

met grote snelheden van ons af te bewegen en volgens de Wet van Hubble zouden ze daarom enkele honderden miljoenen lichtjaren tot enkele miljarden lichtjaren van ons af staan. In 1986 ontdekten Britse astronomen een QSO die vier miljard lichtjaar weg staat.

De meest gangbare theorie over deze puntvormige, en daarom op sterren lijkende, objecten zegt dat het zeer heldere kernen van ver weg staande sterrenstelsels zijn, waarin zich waarschijnlijk een superzwaar gat met een massa van honderden miljoenen zonnemassa's bevindt.

Quasi-Stellar Objects hebben speciale spectra. De analyse van het licht van een QSO laat emissielijnen zien die wijzen op extreme omstandigheden, zoals zeer hoge temperaturen of grote hoeveelheden gas die op de zware kern van het object storten. Verder vertoont een QSO-spectrum absorptielijnen, wat aangeeft dat waarschijnlijk een koele gaswolk de kern van een QSO-stelsel omhult.

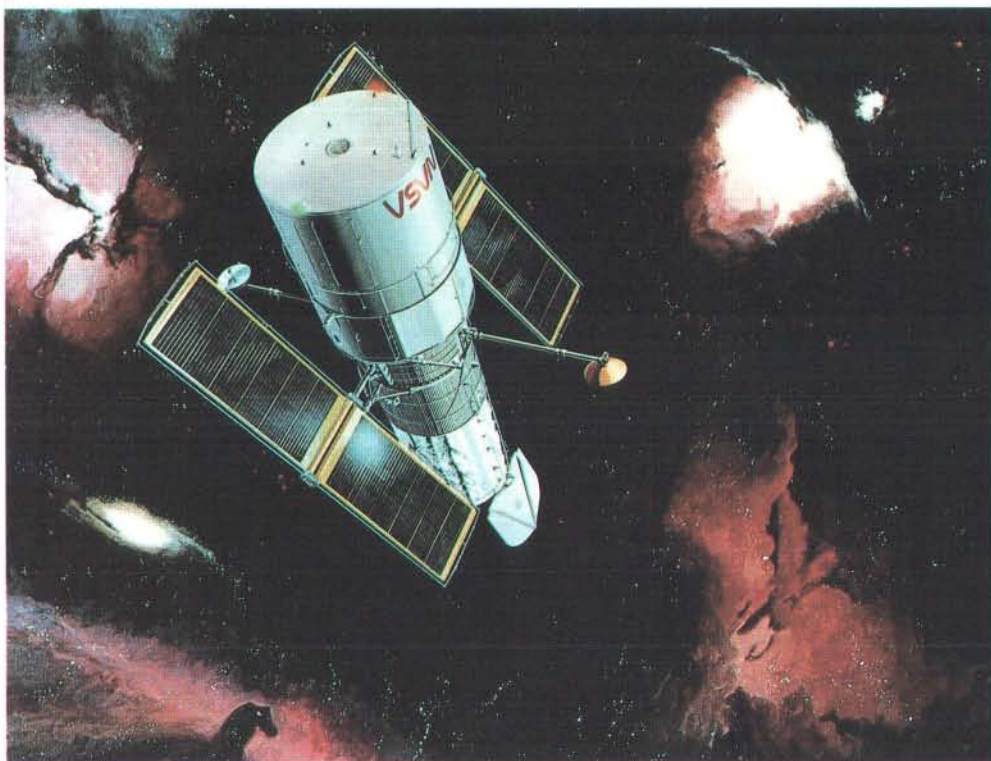
Door hun grote afstanden tot ons zijn

QSO's zeer lichtzwak. Dit beperkt de bestudering van deze objecten in hoge mate en er zijn tal van onbeantwoorde vragen over deze ver weg staande hemellichamen. Welk proces veroorzaakt de emissielijnen? Zit er een zwart gat in QSO's? Waarom zenden sommige QSO's, de quasars, radiostraling uit en andere niet? Is de roodverschuiving inderdaad het gevolg van een grote snelheid of is een ander proces hier verantwoordelijk voor? Space Telescope kan antwoorden geven.

Lichtzwakke objecten

Het derde sleutelproject is een speurtocht langs een klein stukje van de hemel naar zeer zwakke objecten. Dit kunnen dwergmelkwegstelsels of koele, donkere sterren zijn, maar ook planeten en kometen. Het hoofddoel van deze waarnemingen is na te gaan hoeveel objecten er aan het betreffende stukje van de hemel staan. Astronomen hebben die gegevens nodig voor hun speurtocht naar de totale hoeveelheid massa in het heelal. De achter-

6





7



8

grond van dit onderzoek is de vraag of het heelal ooit zal ophouden met uitdijen, zoals het op dit moment nog doet. Om de uitdijning van het heelal te stoppen moet het universum een minimale hoeveelheid massa bezitten. De gravitatiekrachten tussen de objecten is dan voldoende om de snelheid waarmee ze nu uit

elkaar gaan te verminderen en zelfs om te keren, waarna het heelal weer kleiner wordt en eindigt in de *Big Crunch*, de grote ineenstorting. Uit het huidige onderzoek blijkt dat er te weinig massa in het heelal zit om de uitdijning ooit te kunnen stoppen, maar veel astronomen vermoeden dat er genoeg *dark matter*, stof die

Big Bang en Big Crunch

Het heelal begon, zo neemt men aan, met een zeer snelle, plotselinge uitdijning uit het niets. Deze snelle ontwikkeling van het beginnende heelal is bekend geworden onder de naam *Big Bang*.

De Big Bang heeft twaalf tot vijftien miljard jaar geleden plaatsgevonden. Tegenwoordig gaat de uitdijning zeer langzaam. In de loop van de tijd heeft de zwaartekracht van alle materie in het heelal de uit elkaar vliegende sterrenstelsels afgeremd. De grote vraag is of de sterrenstelsels uit elkaar blijven bewegen of dat het een keer stopt. Het antwoord hangt af van de hoeveelheid materie in het heelal. Is er veel (genoeg) materie dan

is de zwaartekracht groot genoeg om de uitdijning te stoppen. Is er (te) weinig materie aanwezig dan zal de ruimte altijd groter worden. Tegenwoordige waarnemingen laten zien dat er veel te weinig massa in het heelal aanwezig is, zodat het universum gedoemd zou zijn om altijd uit te dijnen. Veel astronomen vermoeden echter dat er nog grote hoeveelheden onzichtbare materie in het heelal zit, de *dark matter*. Ze denken dat de ontbrekende massa in zeer veel lichtzwakke sterrenstelsels zal zitten, die nog niet met aardse telescopen zijn waargenomen. Daarnaast bestaan er misschien andere vormen van materie, zoals nog niet detecteerbare elementaire deeltjes als neutrino's (indien ze toch massa hebben), de exotische,



7. Metaaltechnicus Bob Sutton legt hier de kiel voor de High Speed Photometer bij het Space Science and Engineering Centre van de universiteit van Wisconsin.

8. Hubble Space Telescope ziet het heelal veel nauwkeuriger dan de telescopen op aarde dat doen. Het verschil is hier met een impressie duidelijk gemaakt. Links een beeld van een aardse telescoop, rechts het detail daaruit zoals HST het zal zien.

alleen in theorie bestaande, magnetische monopolen en supersymmetrie-deeltjes, deeltjes die zich als fotonen gedragen.

Mochten astronomen met de Hubble Space Telescope grote hoeveelheden donkere materie vinden, dan kan het zijn dat de zwaartekracht toch groot genoeg is om de uitdijning te stoppen en zelfs in een inkrimping te laten omslaan. De film van de ontwikkeling van het heelal wordt dan teruggedraaid. In de laatste miljoenen jaren van de toenadering zullen eerst de sterrenstelsels op elkaar worden gepakt. Later ontkomen ook de sterren niet aan de Grote Kraakpartij, de *Big Crunch*.

we (nog) niet kunnen waarnemen, aanwezig is om de massabalans alsnog naar de andere kant te doen doorslaan. De dark matter kan gedeeltelijk bestaan uit lichtzwakke sterren en dwergstelsels.

Verder zoeken astronomen naar onzichtbare planeten rond andere sterren. Ze hopen ze te vinden door de banen van enkele sterren te volgen en te kijken of deze banen een golfbeweging volgen. Dit kan een aanwijzing zijn dat er één of meerdere, zware planeten om zo'n ster heendraaien. De Nederlander Pieter van de Kamp heeft hier in het verleden veel werk aan gedaan, maar de nauwkeurigheid van de telescopen liet nogal eens te wensen over. Space Telescope zal in veel gevallen uitkomst kunnen bieden.

De Hubble Space Telescope kan ook kometen opsporen die zich verder weg dan Neptunus bevinden. Dergelijke kometen kunnen in grote getale aanwezig zijn, maar hun omloop om de zon duurt vaak langer dan een eeuw en een passage is dus een zeldzaamheid. De grote gevoeligheid van de Hubble Space Telescope maakt het mogelijk om ze al op grote afstand van de zon te bestuderen.

Als de verwachtingen over de mogelijkheden van de ruimtetelescoop uitkomen, dan worden enkele grote sprongen voorwaarts in de kennis van het universum verwacht. Maar zoals dat altijd gaat met nieuwe, baanbrekende projecten: er zullen meer vragen rijzen dan er worden beantwoord.

Bronvermelding illustraties

ESA, Noordwijk: pag. 572-573, no 2, 5.
Martin Marietta Aerospace, Denver, Colorado: no 1.
Lockheed Missiles & Space Company, Sunnyvale, California: no 3, 4, 1-1, 8.
University of Wisconsin, Madison, Wisconsin: no 6, 7.

LAC D'ARSINE

Zuidoost van Grenoble ligt tussen de plaatsen Grenoble, Gap en Briançon het grootste nationale park van Frankrijk: het Parc National des Ecrins. Zonder menselijk ingrijpen in de natuur zouden daar twee dorpjes onder een enorme modderstroom zijn bedolven. De dorpjes le Casset en le Monêtier les



Alpenmeer afgetapt

Een blik langs de Arsinégletsjer de diepte in met aan het eind van de gletsjer het Lac d'Arsine en daarachter het dal dat bedreigd werd als het meer zou overstromen.

J.M.U. Keyser
Zuilichem

Bains, liggen in het dal van de rivier de Guisane, tussen de Col de Lautaret en Briançon. In westelijke richting bevindt zich boven dat dal een gletsjermeer; het Lac d'Arsine. Het ligt tussen de Arsinegletsjer en de morene die deze gletsjer heeft meegevoerd. Doordat het water daar niet weg kon stromen is het

niveau van het meer de laatste decennia zo gestegen dat 800 000 m³ water deze morene dreigde te overstromen. Glaciologen (gletsjeronderzoekers) uit Grenoble berekenden dat zo'n ramp een modderstroom van 8 000 000 m³ modder ten gevolge zou hebben.



De Arsinegletsjer is een kleine gletsjer van ongeveer 260 hectare, gelegen op de noordelijke helling van de L'Oisans. De gletsjer is bijna geheel bedekt met rotspuin afkomstig van de noordkam van het Agneauxgebergte en de Pic de Neige Cordier. Daardoor heeft hij een zeer groot morenesysteem ontwikkeld. Achter deze morene heeft zich een meer gevormd. Dit meer verschijnt in 1952 voor het eerst op luchtfoto's. Het is dan slechts een halve hectare groot. Op luchtfoto's uit 1960, 1967 en 1983 is de groei van het meer duidelijk waarneembaar.

In 1969 was het meer nog bescheiden van omvang, zo'n 530 000 m³; het water stond 12 tot 18 meter onder de bovenrand van de morene. Men kwam daardoor tot de conclusie dat het meer niet veel gevaar kon opleveren. Tijdens twee rondgangen van de sectie glaciologie van de Société Hydrotechnique van Frankrijk, in september 1983 en juli 1984, kwamen de deelnemers erg onder de indruk van de toegenomen omvang van het meer. Men raakte overtuigd van de noodzaak ter plekke verder

onderzoek te verrichten. Dit gebeurde in de zomer van 1985. Op grond van de daarbij verzamelde gegevens kon men de eventuele risico's van het meer inschatten.

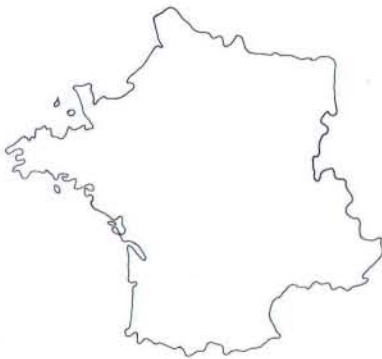
Het meer loopt vol

Doordat het meer een groot deel van het jaar bevroren is, verdampt er zeer weinig water aan het oppervlak van het meer. Bovendien is de watertemperatuur relatief laag en ligt het meer beschut. Daardoor kan het water bijna uitsluitend via infiltratie in de bodem wegstromen. Deze onderaardse infiltratieweg is erg lang, omdat het water uitsluitend aan de voet van de morene op een diepte van 150 m en op een afstand van 800 m van de voorkant van de morene weg kan stromen. Het meer bereikte in 1985 tegen het einde van de maand april, vlak voor het begin van de algemene sneeuwsmelting, het minimale niveau van 2444 m. Daarna steeg het niveau tot de maximale hoogte van 2458 m, begin augustus. De hoeveelheid water die door





2



1. Een fragment van een IGN-kaart (IGN = Institut Géographique National) van de streek rond het Lac d'Arsine en het dal van de Guisane, waarin de bedreigde dorpen le Casset en le Monétier les Bains.

2. Een gezicht op het meer vanaf de eindmorene. Deze in augustus 1985 gemaakte foto maakt duidelijk waarom de situatie zo gevaarlijk was, omdat duidelijk te zien is dat het niveau van het water minder dan één meter onder dat van de morene ligt.

TABEL. De groei van het meer

| | 1969 | 1983 |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| Lengte | 296 m | 393 m |
| Breedte | 180 m | 227 m |
| Oppervlak | 33 900 m ² | 59 100 m ² |
| Maximale diepte | 32 m | 37 m |
| Volume | 531 800 m ³ | 800 800 m ³ |
| Maximaal niveau | 2450 m | 2488 m |
| Minimaal niveau | Onbekend | 2444 m |

infiltratie afgevoerd wordt, blijkt zeer sterk af te hangen van het waterniveau. Grof geschat verdwijnt bij een waterniveau van 2457 m één kubieke meter water per seconde en bij een niveau van 2445 m slechts enkele tientallen liters.

In 1969 was het noordelijke uiteinde van het meer afgesloten door een morenedijk waarvan het laagste punt, genaamd Petit Col, op een hoogte van 2468 m lag. Het water stond toen 18 m beneden het hoogste punt van de morene. De noordwestelijke oever werd gevormd door een ijstong van 100 m breed, bedekt met morenepuin, waarvan het laagste punt zich 12 m be-



3. Eén van de bulldozers die bij de aanleg van het afvoerkanaal zijn ingezet, baant zich een weg door de morene. De foto is van 2 juni 1986.

4. Op deze foto zien we de morene die de wand tussen het gletsjermeer en het dal vormt.

5. Deze collage biedt een totaaloverzicht van de oostelijke helft van het meer, nadat het afwateringskanaal gegraven is. Rechts zien we de met puin bedekte gletsjer. Let op dat de morene naar links steeds lager wordt en het waterniveau nadert.

3

4



5



neden het huidige maximale niveau van het meer bevond. In 1985 was de grondmorene van het meer opgehoogd. De bodem van het meer lag dus hoger terwijl tegelijkertijd de doorlaatbaarheid van de morenewand afnam. Deze begon daardoor op een verstopte zeef te lijken. De infiltratie van water uit het meer door de morene kwam hierdoor vrijwel stil te liggen.

Het niveau van het meer stabiliseerde zich zodoende op een grotere hoogte. Aan de noordzijde van het meer kwam het water tot 10 m onder de top van de morene te staan. De ijsmassa, die min of meer stagneerde en de oostelijke oever van het meer vormde, is ter plaatse gesmolten.

De stijging van het waterniveau varieerde plaatselijk tussen 5 en 15 meter. Eind juli stond het water nog maar 2 tot 2,5 meter onder het hoogste punt van de morene. Een groot deel van dit gebied, dat in 1969 nog als een natuurlijke dijk gold die zeer veilig werd geacht, bevindt zich thans onder het maximale niveau van het meer.

Twee scenario's

Hoe gevaarlijk meren zijn die voor een gletsjer liggen en tegengehouden worden door een morenedijk, is onder andere gebleken in Peru en in het Tien Shan-gebergte op de grens van China en de Sowjet-Unie. Breuken in dit soort dijken veroorzaakten er enorme modderstromen waarbij bij acht ongelukken tussen 1930 en 1959 tienduizenden doden vielen. In het geval van het Lac d'Arsine waren twee scenario's voor een ramp denkbaar.

Het water komt in beweging

Een verandering in het waterniveau zou in de eerste plaats kunnen worden veroorzaakt door een aardshok. Hoewel dit niet erg waarschijnlijk is, mocht deze mogelijkheid niet uitgesloten worden.

Veel waarschijnlijker is echter dat het waterniveau stijgt als gevolg van het afglijden van een deel van de rechteroever van de morenewand, een oever die plaatselijk sterk helt, of als gevolg van het afbreken van de gletsjer. In 1953 is in een soortgelijk meer in Peru op die manier een golf van 12 meter ontstaan. Tests op maquettes, uitgevoerd in Tsjechoslowakije, hebben aangetoond dat in een meer van 1 000 000 m³ water, dus iets groter dan het Lac d'Arsine, de maximaal mogelijke hoogte van de golven in de orde ligt van 20 à 30 meter. In dat geval zou het waterniveau, dat zich in juli 10 meter onder de top van de morene bevindt, wel degelijk gevaar opleveren. Deze maquette-experimenten tonen aan dat de morene snel vernietigd zou worden en het meer vervolgens vrijwel geheel leegloopt. Volgens waarnemingen in de USSR kan een volume van 800 000 m³ water een modderstroom van 8 000 000 m³ veroorzaken.

Een kleinere dan de maximaal mogelijke golf zou al voldoende zijn om de westelijke oever van het meer te laten overstromen. Het water stond hier bij zijn maximale hoogte slechts 2 tot 2,5 m onder het hoogste punt van de morene. Bij een golf van die grootte had men rekening moeten houden met een overstroming van 100 000 m³ water. Dit is voldoende om een modderstroom van 1 000 000 m³ te doen ontstaan.



Het water blijft stijgen

Tussen 1969 en 1985 steeg het niveau van het water in het meer 100 cm door de ophoping van de bodem met zeer fijnkorrelig grondmorenemateriaal en verdere afsmelting van de gletsjer. Door extrapolatie kon men daardoor voorspellen dat, indien er geen maatregelen genomen zouden worden, de westelijke oever van het meer in 1989 zou overstromen. Bovendien was te voorzien dat het relatief warme water ($+3^{\circ}\text{C}$) in het meer een kanaal in het ijs zou kerven, dat vergelijkbaar is met een gletsjertunnel. Er zou daardoor zoveel extra water in het meer stromen, dat de morene weg zou eroderen.

Zelfs als het enorme watervolume dat dan vrij zou komen geen modderstroom veroorzaakt, krijgt de bergstroom Petit Tabuc zoveel water te verwerken dat de dorpjes le Casset en le Monêtier les Bains bedreigd zouden zijn. Indien er geen maatregelen waren genomen, had dit al in de zomer van 1986 kunnen gebeuren; bij zware regenval of als de sneeuw in de bergen later of sneller zou smelten.

6



6. Glaciologen uit Grenoble houden de gletsjer voortdurend in de gaten. Zo bepalen zij regelmatig de dikte van de ijslaag langs seismische weg, waarvoor een kleine explosie dient.

7. Het voltooid afvoerkanaal. Het water is verkleurd door fijn gletsjerpuin dat voorheen voor verstopping van de ondergrondse infiltratieweg zorgde.

8. Eén van de tunnels van de EDF, die gebruikt zijn om de werktuigen de berg op te brengen.



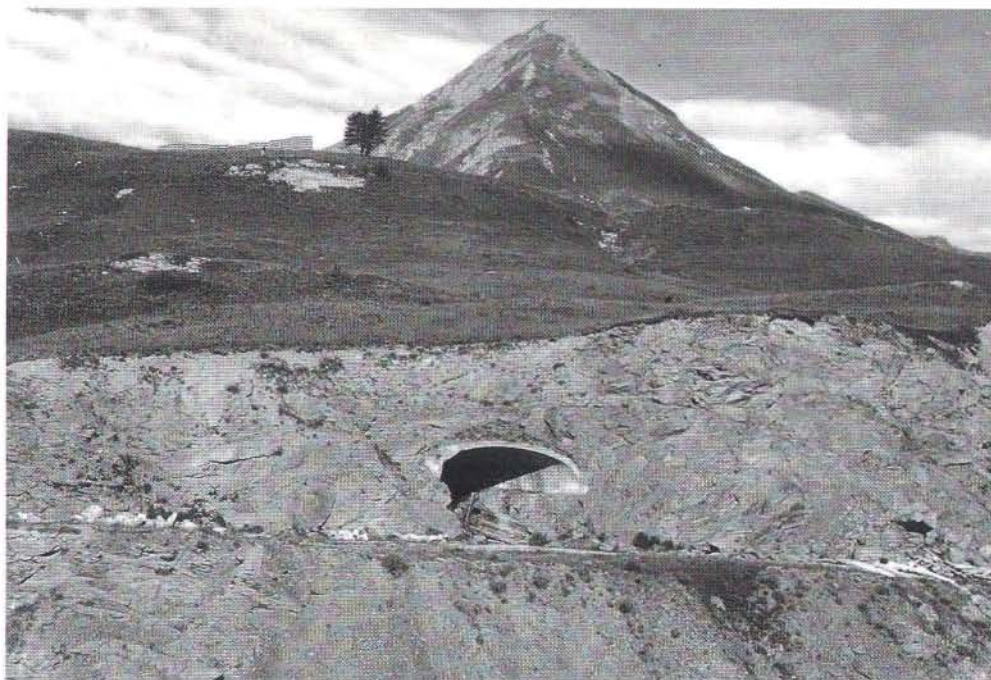
7

Het Lac d'Arsine werd daarom beschouwd als potentieel gevaarlijk. Een ongeluk was hoogst waarschijnlijk, een ramp mogelijk. Men besloot tot maatregelen.

Een overloop

Om het meer in stand te houden en toch de veiligheid van het dal te garanderen, heeft men gekozen voor de aanleg van een afvoerkanaal door de begroeide morene vanaf de voet van de nieuwe morene tot de bergstroom Petit Tabuc. De aanleg vond noodgedwongen aan het eind van de winter plaats.

Had men het kanaal in de zomer willen graven, dan had men eerst een pompinstallatie moeten aanleggen die het waterniveau van het meer verlaagd zou hebben tot een bepaalde gewenste hoogte. Door de lage luchtdruk op 2400 m hoogte is dit technisch moeilijk te realiseren. Daarom heeft men gekozen voor het graven van een afvoerkanaal in het vroege voorjaar, als de waterstanden het laagst zijn. Het nadeel daarvan is dat werkzaamheden op 2400 m hoogte in die maanden moeilijk en kostbaar zijn.



8

Eind april 1986 zijn de benodigde graaf- en andere machines op weg gegaan naar het meer. Daarbij werd gebruik gemaakt van een tunnel die de Franse elektriciteitsmaatschappij EDF aangelegd had tussen le Pied du Col, bij het plaatsje Villar d'Arêne. De 2,7 km lange tunnel is daar door EDF aangelegd in het kader van een project waarbij in de daluren met behulp van kernenergie water uit het lager gelegen Lac du Chambon omhooggepompt zou worden naar het Plan de l'Alpe du Villar d'Arêne. In de spitsuren zou men het water dan weer naar beneden later stromen om er 'witte steenkool' uit op te wekken. Het stuwmeer dat op grond daarvan gepland was, is na protesten van de milieubeweging niet gerealiseerd.

Omdat de machines te breed waren om door de tunnel heen te kunnen, moesten ze eerst gedemonteerd worden. De chauffeurs van de machines moesten zich vervolgens vanaf het eind van de tunnel met de weer gemonteerde machines een weg banen door een mistig en besneeuwd landschap naar het dichtgevroren en dichtgesneeuwde meer. Dat kostte een week. Op 28 juni was het kanaal voltooid. Als

het water in het meer nu te veel stijgt, stroomt het water via het gegraven kanaal, dat de functie van overloop heeft, weg. Men zal het landschap weer in de oorspronkelijke staat terugbrengen en de beschadigingen die de machines veroorzaakt hebben weer herstellen.

Literatuur

- Bruno Civiel Y. Conserverie hydro-nucléaire en Haute-Romanche. *Alpinisme et Randonnée* 1983; 57: 22.
 Tournier P, Echvin M. Des lacs dangereux dans la Cordillera Blanca (Peru) 1979: Université de Grenoble
 Deux barrages EDF aux Pays de la Mije. 1983, Paris: Club Alpin Français.

Bronvermelding illustraties

- Eric Challeau: opening.
 Institut Géographique National: 1.
 Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement CNRS, Grenoble: 2, 4, 6, 7.
 Parc National des Ecrins, Briançon: 3.
 De overige foto's zijn van de auteur.

FEROMONEN

Communicatie, het doorgeven en opvangen van informatie, is niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Niet alleen mensen, maar ook dieren onderhouden een intensieve communicatie met elkaar en hun omgeving. Deze communicatie kan betrekking hebben op het doorgeven van alarmsituaties, het aanlokken van partners of het aangeven van voedselbronnen. Onder de vele vormen van berichtgeving bij dieren neemt chemische communicatie, het doorgeven van signalen met behulp van chemische verbindingen een belangrijke plaats in. Feromonen horen tot de verbindingen die de chemische communicatie verzorgen. Vooral die van insecten zijn de laatste jaren intensief bestudeerd. Synthetische feromonen, die het gedrag van insecten wijzigen, vormen een nieuw hulpmiddel om de schade aan land- en tuinbouwgewassen te verminderen.



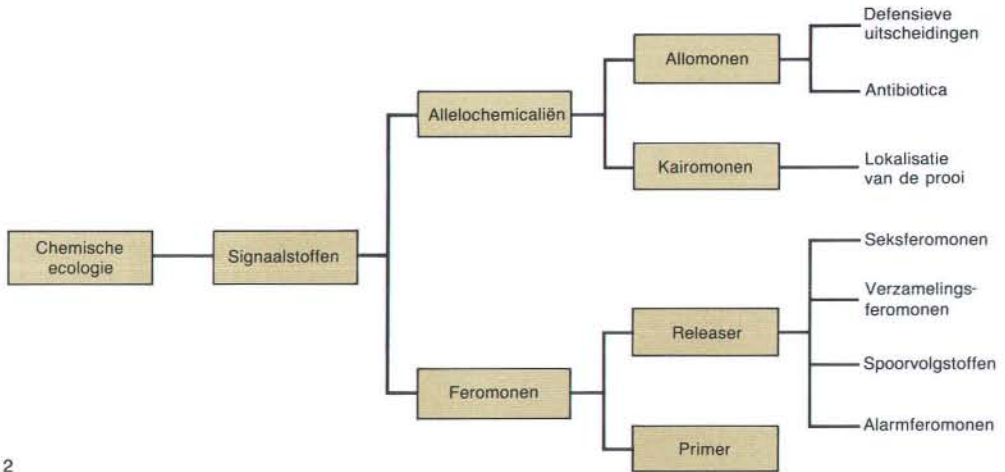
**Chemische
telecommunicatie**





De rupsen van de vruchtbladroller (*Adoxophyes orana*) kunnen veel schade veroorzaken in boomgaarden. Ze voeden zich met jonge bladeren en vruchten. Bestrijding met feromonen als lokstof ter signalering van een toenemende populatie is alleen mogelijk tegen de imago's.

N. De Kimpe
Faculteit der Landbouwwetenschappen
Rijksuniversiteit Gent



2

Bombykol

Onze voorouders merkten al op dat mieren telkens een eenmaal gekozen route blijven volgen en ook wisten ze dat bijen aangelokt worden door een angel die na een steek van een andere bij achterblijft. Waardoor deze insecten dit gedrag vertonen, bleef voor hen echter een raadsel.

Dat het zo lang duurde voordat het tot isolatie en identificatie van chemische communicatiemiddelen kwam, lag vooral aan de beperkingen van de beschikbare analysetechnieken en aan de geringe hoeveelheden, in de orde van grootte van nanogrammen (10^{-9} g), waarin de stoffen voorkomen. De voornaamste mijlpaal in de geschiedenis van de chemische communicatie is ongetwijfeld de isolatie van bombykol (6 mg uit 500 000 insecten) door A. Butenandt in 1959. Bombykol is de seksuele lokstof afgescheiden door de wijfjes van *Bombyx mori* (zijderupsvlinder), die alleen rudimentaire vleugels hebben. Met deze stof lokken de wijfjes de mannetjes voor de paring. P. Karlson en M. Luscher introduceerden in 1959 de term feromoon voor dergelijke lokstoffen. Het woord is afgeleid van het Griekse *pherein* (dragen) en *hormon* (opwinden). Alhoewel R. Whright al in 1964 suggereerde dat feromonen wel eens uit meerdere verbindingen zouden kunnen bestaan, dacht men jarenlang dat er voor iedere insectesoort één stof als feromoon fungeerde. R.M. Silverstein liet in 1966 voor

het eerst zien dat Whright gelijk had en momenteel blijkt dat insectensoorten die slechts over één verbinding voor chemische communicatie beschikken eerder uitzondering zijn dan regel. De lokstof van de zijderupsvlinder werd opnieuw geanalyseerd en H.J. Bestmann toonde in 1978 aan dat het seksferomoon bestaat uit een mengsel van 93% bombykol en 7% bombykal. Door isolatie van bombykal als actieve tweede component verdwenen de discrepanties tussen de waargenomen fysiologische activiteiten van het natuurlijke en het synthetische feromoon.

Het aantal geïdentificeerde feromonen groeit gestaag. Waren er in 1965 slechts drie bekend, momenteel zijn het er ettelijke honderden. In het merendeel van de gevallen bestaat het feromoon uit een mengsel van meerdere componenten, meestal twee of drie en een enkele keer uit vier verbindingen.

Insecten zijn heel gevoelig voor feromonen, minime hoeveelheden van deze stoffen kunnen gedragsveranderingen teweeg brengen. De verbindingen, die meestal door klieren in het achterlijf worden uitgescheiden, vertonen een zeer grote specificiteit. De afstand waarover feromonen werkzaam zijn varieert enorm, van enkele centimeters voor sommige bladluizen tot enkele kilometers voor bepaalde vlindersoorten. Feromonen zijn biologisch afbreekbaar en hebben geen, of een lage toxiciteit. Ze horen daarmee tot de ecologisch veilige verbindingen.



3

Chemische ecologie

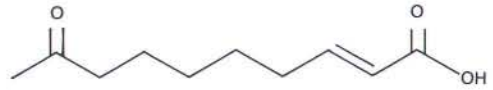
De chemische ecologie bestudeert de wisselwerkingen met chemicaliën tussen organismen onderling en hun omgeving. De volgende indeling naar werking van deze chemicaliën is gemaakt.

Signaalstoffen zijn stoffen die uitgewisseld worden tussen individuen van dezelfde soort of van een andere soort. Deze chemicaliën worden onderverdeeld in *allelochemicaliën* en *feromonen* naar gelang ze een interspecifieke (tussen soorten) of een intraspecifieke (binnen de soort) werking vertonen.

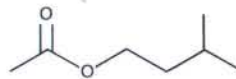
Allelochemicaliën kennen een verdere onderverdeling in *allomonen* en *kairomonen*. *Allomonen* zijn chemische boodschapdragers die de producent van de stof voordeel opleveren. De defensieve afscheidingen van geleedpotigen (Arthropoda) behoren tot de *allomonen*, evenals de geurstoffen van het stinkdier.

Kairomonen zijn boodschapdragers. Andere dan de uitzenderorganismen ontvangen het chemische wachtwoord. Deze interactie treedt op tussen plant en dier en tussen dieren onderling. Zo wordt bijvoorbeeld de aanlokking van de honingbij (*Apis mellifera*) door sommige bloemen toegeschreven aan (geur)mengsels van terpenen (ocimeen, myrceen, linalool).

In de insectenwereld zijn meerdere voorbeelden bekend van *kairomonen* waarbij deze chemicaliën andere diersoorten aantrekken, vaak met fatale gevolgen voor de afzender van



Koninginnesubstantie



Isopentylacetaat



2-heptanon

de boodschap. Buiten de insectenwereld komen dergelijke interacties voor tussen de gelekoortsmug (*Aedes aegypti*) en de mens. Er zijn aanwijzingen dat het insect wordt aangelokt door melkzuur, dat onder andere in zweet voorkomt.

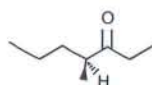
Feromonen zijn de chemische boodschapdragers die specifieke gedragingen of fysiologische veranderingen veroorzaken bij dieren van dezelfde soort. Ze worden ingedeeld in zogenaamde *releaser-* en *primerferomonen*. Algemeen aanvaarde Nederlandse termen bestaan er nog niet voor. Releaserferomonen hebben een onmiddellijk effect met een korte duur op hun soortgenoten, terwijl primerferomonen een langduriger werking hebben. Seks-, aggregatie-, spoorvolg- en alarmferomonen horen bij de categorie van de releaserferomonen. Seksferomonen zorgen ervoor dat mannetjes en vrouwtjes elkaar vinden en tot paring kunnen overgaan. Aggregatieferomonen zijn lokstoffen die een aantrekkend effect hebben op de hele populatie. Deze feromonen, die typisch zijn voor kakkerlakken, spelen een belangrijke rol bij het vergaren van voedsel en bij de voortplanting. Het onderscheid met seksferomonen is niet altijd even duidelijk.

Insecten gebruiken spoorvolgferomonen om voedselbronnen te lokaliseren. Het is bij iedereen bekend dat mieren goed aansluitende rijen vormen van de verblijfplaats van de kolonie naar de voedselbron en terug. De verscheidenheid van verbindingen die de spoorinfor-

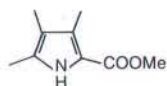
matie bevat, is zeer groot. Alarmferomonen maken soortgenoten alert op gevaarsituaties en zijn daarmee essentieel voor het voortbestaan.

Primerferomonen zijn kaste-bepalende verbindingen van mieren, bijen en andere sociale insecten. Van deze verbindingen zijn er tot nu toe nog maar weinig geïsoleerd en geïdentificeerd. Een primerferomoon waar de structuur wel van is opgehelderd, is dat van de honingbij (*Apis mellifera*). Eén enkele koningin is verantwoordelijk voor het leggen van de eieren, nodig voor de produktie van werksters en daren in de bijenkolonie. Als de koningin sterft of uitvliegt, detecteren de werksters de afwezigheid van de zogenaamde koninginesubstantie. Dit chemisch wachtwoord – het ont-

breken van een verbinding – zet werksters aan om jonge larven de 'royal jelly' te voederen. Dit heeft de geboorte van een nieuwe koningin tot gevolg. C. Butler identificeerde rond 1960 de koninginesubstantie als (E)-9-oxo-2-deceenzuur en hij vond ook dat de overeenkomstige alcohol (E)-9-hydroxy-2-deceenzuur, een wezenlijk onderdeel van dit feromoon uitmaakt. De koninginesubstantie verhindert de ontwikkeling van de ovaria van de werksters, die daardoor onvruchtbaar blijven. Heel wat synthetische verbindingen, die in veel gevallen geen structurele verwantschap hebben met de natuurlijk voorkomende feromonen, hebben een fysiologische activiteit die thuishoort in de chemische ecologie. Zo fungeert (Z)-4-fenyl-3-butanol als een spoorferomoon voor de ter-



(S)-4-methyl-3-heptanon



2-carboxymethylpyrrol

Atta texana

3. De afwezigheid van de koninginesubstantie in een bijenvolk 'reguleert' de geboorte van een nieuwe koningin. De onderste twee van de vier structuurformules zijn alarmferomonen van de bij (*Apis mellifera*).

4. Alle miersoorten kennen alarmferomonen en spoorvolgferomonen. Aan de laatste stoffen zijn de mierenpaadjes te danken. Afgebeeld zijn de structuurformules van een alarmferomoon (boven) en een spoorvolgferomoon van de uitheemse soort *Atta texana*.

4



miet *Coptotermes formosanus*, terwijl 8-propoxyl-1-octanol een versterkende werking heeft op het seksferomoon van de perzikwijgboorder, *Grapholitha molesta* en 4-(4-hydroxyfenyl)-2-butanon geldt als een synthetisch lokmiddel voor de Australische mangovlieg, *Dacus tryoni*.

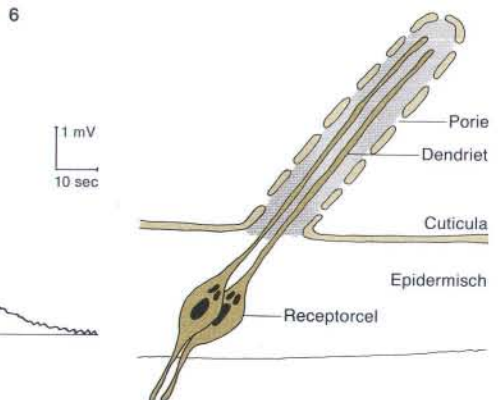
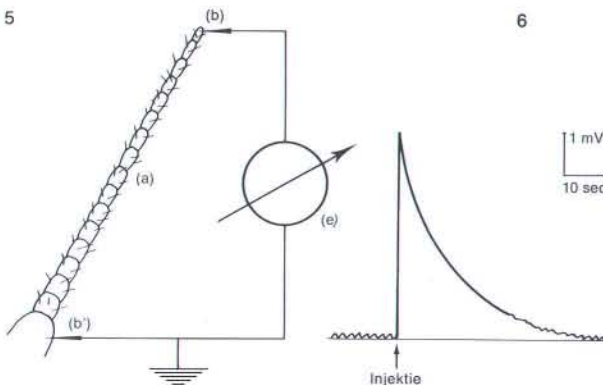
Geïntegreerde bestrijding

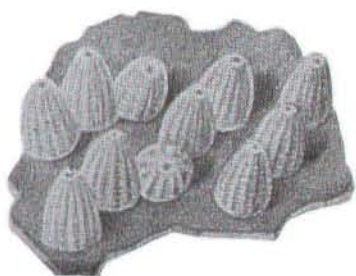
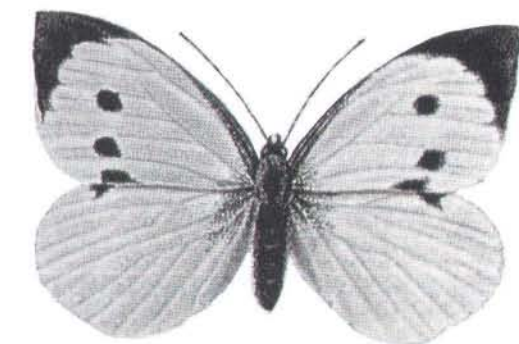
Feromonen beïnvloeden het gedrag van insecten. Dit maakt het mogelijk om al of niet synthetische feromonen te gebruiken bij een geïntegreerde bestrijding van schadelijke insecten. In het blokschema is globaal de gang van zaken weergegeven die voorafgaat aan de toepassing van deze methode. Het onderzoek start met de selectie van een insectenplaag die een grote economische schade aanricht bij de teelt van land- en tuinbouwgewassen. Met de elektro-antennogramtechniek (EAG) bepaalt men de fysiologische activiteit van verbindingen. De volgende stap is de verzameling van 'bronmateriaal' uit de uitscheidingsklieren of uit hele insecten. Nauwkeurige analyses leren of het feromoon uit één of meerdere componenten bestaat. Na opheldering van de structuur van de verbinding(en) met spectroscopische technieken als infrarood, ultraviolet, ^1H NMR, of massaspectrometrie, vindt synthese plaats. Proeven moeten vervolgens uitwijzen welke samenstelling van het synthetisch feromoon de grootste fysiologische activiteit heeft. Een draaiboek, waarin het ontwikkelingsstadium van de insecten en de peiling van de populatie op bepaalde tijdstippen belangrijke plaatsen

5. Eén der meest gebruikte biotesten bij het onderzoek van feromonen is de elektro-antennogram-techniek (EAG). Het principe van de EAG berust op het feit dat feromonen op specifieke wijze het potentiaalverschil wijzigen dat tussen de uiteinden (b) van een insecte-antenne bestaat. Door de antenne (a) aan de uiteinden te verbinden aan de elektroden kan het potentiaalverschil worden gemeten (e). De respons van de antenne op met feromonen beladen vochtige lucht bepaalt het potentiaalverschil. Het signaal wordt via een versterker op een recorder weergegeven. Op deze manier is na te gaan of en in welke mate de antenne reageert op bepaalde verbindingen. De fysiologische activiteit van de feromonen komt voort uit een interactie met de vertakkingen van de antenne. De feromoonmolekulen dringen in de poriën van deze 'haartjes' en geven een signaal aan de dendrieten, de lange uitlopers van de receptorcellen in het epidermis. Uit talrijke experimenten blijkt dat de receptor het feromoonmolekuul op een flexibele manier insluit. Door voortdurende draaiing komt uiteindelijk het volledige contact tot stand.

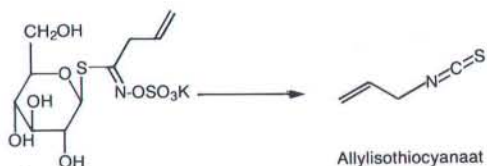
6. Schematische doorsnede van de haarfijne uitsteeksels op de antennen van vlinders. De feromonen dringen langs de poriën binnen en komen daar in contact met dendrieten, de uitlopers van receptorcellen.

7. Koolwitjes (*Pieris rapae* en *P. brassicae*) komen af op een kairomoon van kruisbloemigen, waartoe de koolsoorten behoren. Het kairomoon allylisoithiocynaat ontstaat door enzymatische splitsing van sinigrine na verwonding van de plant.





7



Sinigrine

Allylisothiocyanaat

innemen, vormt de laatste schakel in de geïntegreerde bestrijdingsmethode die op zulk onderzoek gebaseerd is.

Stereochemie van feromonen

Bij de fysiologische activiteit van feromonen speelt de ruimtelijke structuur van de moleculen een belangrijke rol. Vooral E/Z isomerie, de moderne naamgeving voor cis/trans isomerie, en enantiomerie bepalen of, hoe en waar feromonen aangrijpen op receptoren van insecten. Wanneer optisch actieve koolstofatomen voorkomen in feromoonmoleculen,

speelt enantiomerie een voorname rol. Alleen het enantiomeer dat overeenstemt met de natuurlijke verbinding heeft een grote activiteit, terwijl het spiegelbeeld een verwaarloosbare of zelfs remmende activiteit vertoont.

Plantenbescherming

Feromonen hebben, op enkele uitzonderingen na, zelf geen insectendodende werking, maar lokken sommige soorten naar een *feromoonval*, waar een insecticide of kleefmiddel de eigenlijke vangst en eliminatie verzorgt. Een probleem bij de verspreiding van feromonen is dat ze vaak uit meerdere componenten bestaan die moeilijk in de juiste verhouding in de gasfase te verspreiden zijn. Niet elke verbinding is even vluchtig, terwijl – wil het middel effectief zijn – het wel nodig is dat de stoffen in de juiste verhouding aanwezig zijn. Een zeer bruikbare methode om dit te bereiken is impregnatie van feromonen in materialen, zoals holle vezels, gelaagde plastics en gels, maar vooral in microcapsules in polymeren, waaruit de stoffen langzaam vrijkomen.

8. Onzelieveheersbeestjes (*Coccinella* sp.) scheiden, als ze in gevaar komen, coccinelline af, waarmee ze hun vijanden hopen te verjagen.

9. 6-Undecyl- δ -lacton is een katebepalend primerferomoon van de wesp *Vespa orientalis*. De foto toont duidelijk de antennen die volgebouwd zijn met receptoren voor signaalstoffen.

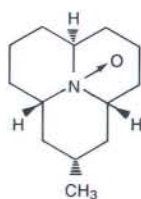


8

Naast het lokmiddel bepalen de geometrie van de feromoonval en de opstelling in het veld het succes van de methode om insecten te bestrijden. Er zijn drie technieken bij het gebruik van feromonen in de gewasbescherming te onderscheiden.

De *massale-vangstechniek* (mass trapping) gold in het begin als een veelbelovende toepassing van feromonen. Het was de bedoeling de hele populatie insecten in een bepaald gebied te vangen en te doden. In de praktijk blijkt deze techniek slechts effectief als 90% van de insecten wordt gevangen. Wanneer dit percentage lager ligt, is het rendement zeer laag, want deze massale uitdunning van de populatie is nauwelijks merkbaar in de volgende generaties.

De *waarschuwingstechniek* (survey and monitoring) geniet momenteel de grootste navolging. Deze techniek geeft de teler een beeld van de ontwikkeling van een populatie vanaf het ontluiken van de poppen tot meer gevorderde stadia. De methode, waarvoor 0,1 tot 35 mg feromoon per hectare voldoende is, richt zich voornamelijk op detectie van een opkomende



Coccinelline

6-undecyl- δ -lacton

of een nieuwe plaag. Bestrijding gebeurt met conventionele insecticiden. Deze kennis maakt een selectiever en spaarzamer gebruik van insecticiden mogelijk.

Bij de *verwarringstechniek* (confusion) verstoren relatief grote hoeveelheden ($25 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) van een feromoon de communicatie tussen de insecten. Het gedragsspatroon verandert zodanig dat ze geen schade meer toebrengen aan de gewassen.

Problemen

Er zijn veel problemen bij de invoering van feromonen. Ik weid hier slechts uit over twee aspecten, namelijk de strenge verordeningen van de Amerikaanse Environmental and Protection Agency (EPA) en het optreden van verschillende genotypische feromoonprofielen.

De EPA, die in de VS de toelating van pesticiden regelt, is wettelijk verplicht om feromonen als pesticiden te behandelen, maar het mag duidelijk zijn dat er een groot verschil bestaat tussen het sproeien van deca-, hecto- en kilogrammen per hectare van weinig of slecht afbreekbare insecticiden die 'alle' insecten doden en het gebruik van een fractie van een gram van een biologisch afbreekbare natuurlijke en heel specifiek werkende verbinding die één soort insecten lokt. De EPA maakt het de industrie niet gemakkelijk om over te gaan tot ontwikkeling en productie van feromonen.

Een ander probleem is het optreden van verschillende genotypische feromoonprofielen. Het blijkt dat insecten van dezelfde soort, maar uit verschillende regio's van een conti-

feromoon, (+)-ipsdiënol heeft een remmende werking en de kever reageert dan ook niet op synthetisch racemisch ipsdiënol. Hetzelfde insect uit de staat New York gebruikt van nature echter een 65/35 verhouding van (+) en (-)-ipsdiënol en reageert daarom wel op het synthetische 50/50 mengsel van deze verbinding.

Besluit

Feromonen zijn uitermate geschikt voor een geïntegreerde bestrijding van insecten die schade toebrengen aan gewassen. De vraag is dan ook niet *of*, maar *wanneer* deze methode op grote schaal wordt ingevoerd.

Samenwerking tussen industrie en onderzoekcentra aan universiteiten en hogescholen is nodig om de problemen die er zijn op te lossen. Daarnaast is het gewenst dat de overheid de verordeningen, die de toepassing van feromonen in de weg staan, versoepelt. Als aan deze voorwaarden is voldaan, is het hopelijk maar een kleine stap om telers vertrouwd te maken met dit machtige wapen tegen schadelijke insecten.

9



nent of van andere continenten verschillend reageren op mengsels feromonen. De maïsboorder *Ostrinia nubilalis* uit Europa gebruikt als seksferomoon een 96/4 mengsel van respectievelijk (E)- en (Z)-11-tetradecenylacetaat, terwijl de soortgenoot uit Noord-Amerika een nagenoeg omgekeerde verhouding van 3/97 aanwendt.

De schorskever *Ips pini* uit Californië maakt gebruik van (-)-ipsdiënol in zijn aggregatie-

Dit artikel is bewerkt door drs. G. Stout, docent aan de lerarenopleiding Ubbo Emmius te Groningen.

Literatuur

- Silverstein RM. Chemical Communication in Insects: Background and Application. Pure & Applied Chem. 1982; 54; 2479.
- Wood WF. Chemical Ecology: Chemical Communication in Nature. J. Chem. Educ. 1983; 60; 531.
- Henrick CA. The Synthesis of Insect Sex Pheromones. Tetrahedron 1977; 33; 1845.
- Brand JM, Young JC, Silverstein RM. Insect Pheromones: A Critical Review of Recent Advances in Their Chemistry, Biology and Application. Proceed. Chem. Org. Nat. Prod. 1979; 37; 1.
- Jacobsen M. Insect Sex Pheromones. New York, London: Academic Press, 1972.
- Bestmann HJ, Vostrowsky O. Chemistry of Insect Pheromones, p. 29. in: Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Band 6, Ed. R. Wegler. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1981.

Bronvermelding illustraties

Dick Klees, Duiven: pag. 590-591, no 4, 8, 9.
Alle overige illustraties komen van de auteur.

Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

Opkomst en val van een briljant onderzoeker

Peter Mombaerts

De vooruitgang van de wetenschap berust op de betrouwbaarheid en integriteit van iedere deelnemer. De onuitgesproken regel van de wetenschap is dat elke wetenschappelijke publikatie a priori als authentiek beschouwd wordt en dat elke wetenschapper op zijn woord betrouwbaar is, tot het bewijs van het tegenovergestelde is geleverd.

De laatste tijd echter zijn meer en meer gevallen aan het licht gekomen van individuen die van deze ethische code zijn afgeweken en zich hebben bezondigd aan allerlei vormen van fraude, van selectief gebruik van gegevens tot aan regelrechte verzinsels toe. En toch levert frauderen voor een onderzoeker op lange termijn niets op: indien de bevindingen belangrijk zijn, zullen anderen ze trachten te bevestigen en zullen de experimenten na verloop van tijd onreproduceerbaar blijken. Indien daarentegen de resultaten van weinig belang zijn, zullen ze niet veel bijdragen tot de faam van de onderzoeker.

In beide gevallen lijkt wetenschappelijke fraude zinloos. Toch worden er steeds meer fraudeschandalen onthuld, waarbij het bedrog soms onvoorstelbare proporties aan-

neemt. Sinds 1984 neemt de *Index Medicus*, een maandelijks catalogus van alle artikelen in de biomedische wetenschappen, terugtrekkingen van artikelen op. Tot dusver zijn er al 36 annuleringen genoteerd, waarvan vermoedelijk een deel op een vorm van fraude berust.

Is dit snel toenemend aantal fraudeschandalen te wijten aan de exponentiële groei van het aantal wetenschapsbeoefenaars in de laatste decennia, aan een tendens om gevallen van fraude sneller openbaar te maken, dan wel aan de toenemende prestatiedruk op de wetenschappers?

**De onuitgesproken
regel van de
wetenschap is dat
elke wetenschapper
op zijn woord
betrouwbaar is**

Al deze factoren spelen een rol, doch de epidemie van *publicitis* is in aanzienlijke mate verantwoordelijk voor de bezoedeling van de wetenschap-

pelijke literatuur met triviale, onduidelijke en frauduleuze publicaties.

De meerderheid van de instanties die voor de verdeling van onderzoeksgelden verantwoordelijk zijn, beoordeelt immers aangevraagde subsidies voor een deel op basis van de bibliografie van de onderzoeker. De boekhoudkundige optelling van het aantal artikelen vermenigvuldigd met een factor voor de kwaliteit van de tijdschriften, en van het aantal referenties in de literatuur naar deze artikels, is ongetwijfeld één van de meest objectieve beoordelingsmethodes voor de kwaliteit van een onderzoeker.

Doch deze nadruk op kwantiteit eerder dan op kwaliteit (die overigens niet objectief te meten is) kweekt een mentaliteit waarin zoveel mogelijk gepubliceerd moet worden. Het komt er op aan zoveel mogelijk letters te spuien om overleefd te blijven in de competitie. Een dergelijke prestatiedruk verlaagt ongetwijfeld de drempel om half afgewerkte, onjuiste of vervalste gegevens te publiceren.

De slogan *publish or perish* (publiceer of verga) is voor de moderne wetenschapsbeoefenaar een bittere realiteit geworden.

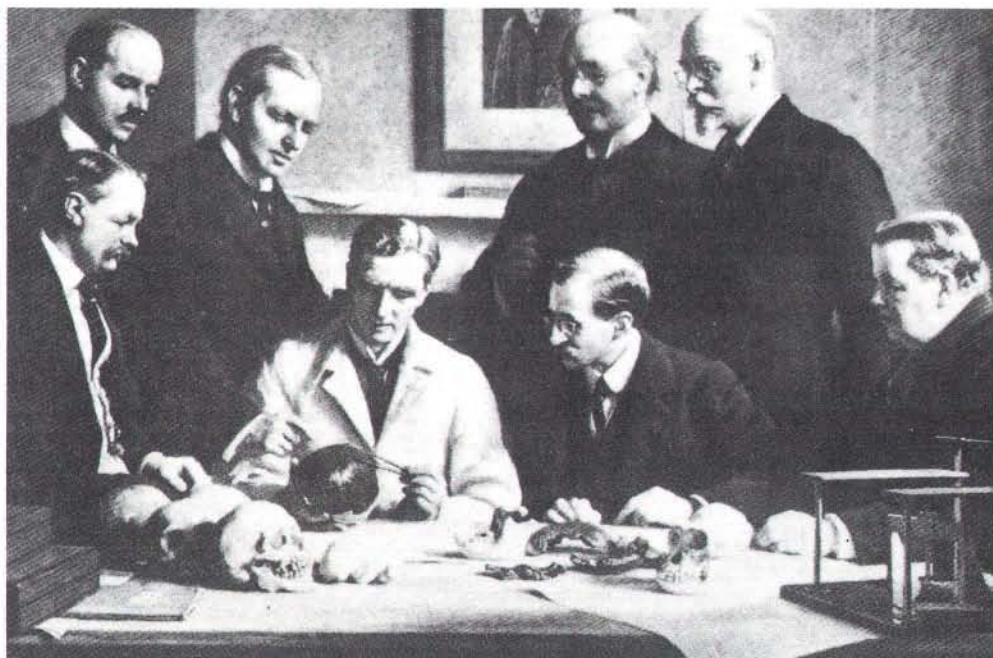
De 'briljante' John Darsee

In het bijzonder in de sociale en biomedische wetenschappen is de gelegenheid tot het bedenken van resultaten veel groter dan in de exacte wetenschappen, wegens het groot aantal oncontroleerbare variabelen. Geen twee groepen patiënten bijvoorbeeld zijn vergelijkbaar. De meerderheid van de recent onthulde schandalen is inderdaad aan te treffen in de biomedische wetenschappen, waar bovendien veel prestige te behalen is: immunologie, farmacologie, kankeronderzoek...

John Darsee behaalde zijn artsendiploma in 1974 aan Emory University in Atlanta, specialiseerde er zich vervolgens in de cardiologie en ging voor postdoctoraal onderzoek werken in het laboratorium van Eugene Braunwald, een eminent cardioloog aan 's werelds beste medische faculteit, Harvard Medical School in Boston.

Darsee werd als 'briljant' bestempeld en publiceerde tijdens zijn verblijf van anderhalf jaar aan Harvard een achttal artikelen. Daar onderzocht Darsee de invloed van verschillende geneesmiddelen

Een oude fraude: vooraanstaande Engelse antropologen onderzoeken de schedel van de Piltdownman. Men dacht de missing link in de evolutie gevonden te hebben. Het ding was vervalst.



Kampioen van de moderne wetenschappelijke fraude is (voorlopig) de Amerikaan John Darsee. De discussie rond deze figuur werd weer op gang gebracht door een controversieel rapport van acht volle pagina's in het top-tijdschrift Nature.

op een experimenteel veroorzaakte hartaanval bij honden, met de bedoeling na te gaan welke stoffen de schade aan de hartspier zouden voorkomen of verminderen na herstel van de circulatie in de afgeklemde kransslagader. In mei 1981 kwam aan het

licht dat Darsee een mededeling voor een congres geschreven had op basis van zuiver fictieve experimenten. Ondanks het manifeste bedrog mocht hij 'onder nauw toezicht' nog enkele maanden verder werken en kon hij nog enkele artikelen publiceren.

**Cyril Burt
(1883-1971) gold
als de beroemdste
Engels psycholoog
van zijn tijd. Na
zijn dood bleek
dat hij de resulta-
ten van zijn onder-
zoek aan tweelin-
gen verzonnen had.**



In september 1981 ontdekte een subsidiecommissie onverklaarbare discrepanties tussen de resultaten van Darsee en die van andere onderzoeksgroepen. Snel ontstond het vermoeden dat Darsee's frauduleus gedrag nog terugging tot zijn studies aan Emory University. Hierop stelden Harvard, Emory University en de National Institutes of Health (NIH), die de meeste projecten gefinancierd had, commissies in, die tot onthutsende conclusies kwamen. Darsee bleek namelijk in de loop van twaalf jaar onafgebroken bedrog te hebben gepleegd.

De overgrote meerderheid van de publikaties, verschenen in vooraanstaande medische tijdschriften, moest na een nauwkeurig onderzoek worden teruggetrokken. Darsee, die een benoeming als professor aan Harvard in het vooruitzicht had, werd uiteraard ontslagen, doch pas enkele maanden nadat hij betrapt was.

Dat dit gigantisch bedrog voor een deel uitgerekend aan de vermaarde Harvard Medical School gebeurde, verklaart de ruchtbaarheid die 'het geval Darsee' gekregen heeft.

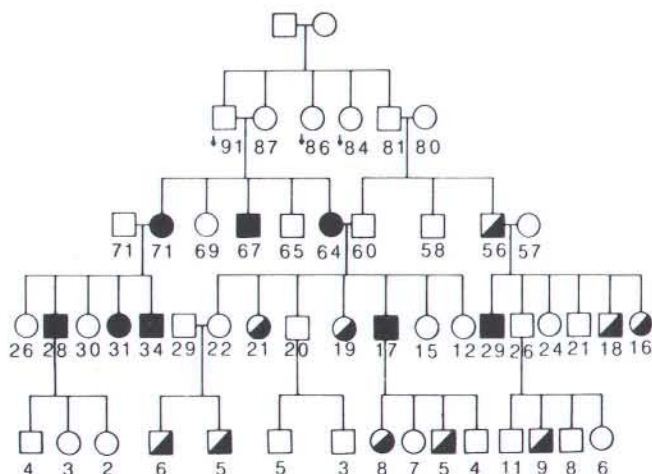
'Defecten'

Maar er is meer. Darsee deed zijn onderzoek uiteraard niet alleen. Op zijn 109 publikaties zijn maar liefst 47 co-auteurs terug te vinden, waarvan de helft aan Harvard. Dat een dergelijk groot aantal onderzoekers door één man gedurende meerdere jaren in het ootje kon worden genomen, doet veronderstellen dat Darsee een geniaal oplichter is. Het is daarnaast echter mogelijk dat zijn medewerkers onvoldoende aandacht aan Darsee's experimenten besteed-

den en weinig kritisch waren geweest.

En hier begint de schoen te knellen. Het beruchte rapport in Nature behandelt immers niet de fraude op zich, maar analyseert Darsee's achttien belangrijkste publikaties op een zuiver formele wijze. De auteurs, werkzaam bij de NIH in Bethesda, tonen op gedetailleerde wijze de interne contradicties en discrepanties in Darsee's publikaties aan. Zij identificeerden gemiddeld 12 'defecten' in zijn publikaties, met een maximum van maar liefst 39. Deze 'defecten' waren: banale typefouten, misleidende en onvolledige beschrijvingen van het experimenteel protocol, herpublicatie van dezelfde gegevens zonder verwijzing naar de originele artikelen, statistisch onmogelijke waarden voor de spreiding van experimentele numerieke gegevens enz.

Uit de rapporten van de commissies kon bovendien worden afgeleid dat de meeste co-auteurs de originele gegevens van de individuele experimenten of patiënten niet hadden bijgehouden of meestal zelfs niet eens hadden gezien, en dus enkel met tabellen en gra-



fieken van de verwerkte gegevens te maken gehad hadden. Verder bleek een aantal auteurs, voornamelijk oudere onderzoekers, slechts van zeer ver bij de projecten betrokken te zijn geweest, hetgeen de opstellers van het rapport 'ere-auteurschap' noemden. Kortom, de artikelen krioelden gewoon van slordigheden en fouten, die zowel de co-auteurs als de referenten over het hoofd hadden gezien. De rapporteurs besluiten dat deze aangetoonde afwijkingen van algemeen aanvaarde wetenschappelijke principes de wetenschappelijke literatuur in zijn geheel in twijfel kunnen trekken, onafhankelijk van de in dit geval gepleegde fraude: al deze 'defecten' waren immers door de mazen van het net geglipt en hadden voor het merendeel eigenlijk ontdekt moeten worden vóór publicatie. Een bovenmatige nadruk op de hoeveelheid publicaties is voor hen een hoofdfactor. Inderdaad, Darsee werd als veelbelovend en 'briljant' aangezien mede omwille van zijn ongewoon hoog aantal publicaties. Doch het werd voor hem: publish and perish.

Een familiestamboom uit het oeuvre van Darsee. Op de één na onderste regel komt een man van 17 voor, met kinderen van 8, 7, 5 en 4 jaar.

Inertie

Het betrokken rapport is zonder precedent. Uit het bijbehorend editorial van Nature blijkt de publikatie van dit rapport vier jaar te hebben aangesleept, door de bedreiging van meerdere co-auteurs met processen wegens laster in geval van publikatie. Het grondig herwerkte rapport werd uiteindelijk nog eens gecensureerd door de redactie. Darsee's supervisor aan Harvard, Eugene Braunwald, mocht in hetzelfde nummer een repliek publiceren, waarin

Darsee die een benoeming als professor aan Harvard in het vooruitzicht had, werd uiteraard ontslagen

hij zich uit zijn hachelijke positie tracht te redden en de aantijgingen van het rapport overdreven en ongeoorloofd noemt.

De gebetenheid van de NIH-rapporteurs en de inertie van Harvard bij de ontdekking van de eerste fraude stemmen tot nadenken. Ook in soortgelijke gevallen blijken interne tuchtmaatregelen vaak moeizaam genomen te worden: men hoopt dat het om een geïsoleerd geval gaat en steekt zijn hoofd in het zand uit vrees om geschandvlekt te worden. Een dergelijke houding is uiteindelijk fataal.

Prangende vraag

De Darsee-affaire geeft aan dat met de toenemende noodzaak tot teamwerk, waarbij

iedere onderzoeker een klein aspect afwerkt, de kans wordt geboden aan een gewetenloze of gefrustreerde figuur om zich op te werken en van de goedgelovigheid en het vertrouwen van zijn medewerkers misbruik te maken. Hij kan zich hierbij bedienen van het prestige van eminente onderzoekers die als 'ere-auteurs' de publikaties ten aanzien van de tijdschriftuitgevers, referenten en lezers, onvrijwillig een aureool van excellentie en een stempel van betrouwbaarheid meegeven, terwijl ze vaak niet de tijd hebben om het onderzoek op de voet te volgen.

Chronische fraudeurs als Darsee zijn uiteraard uitzonderingen en moeten als pathologische gevallen beschouwd worden. Doch de Darsee-affaire doet volgens het rapport in Nature vermoeden dat vergissingen, slordigheden en fouten ook in niet-frauduleuze publikaties wel eens frequenter zouden kunnen zijn dan we vermoeden.

Een scepsis ten aanzien van wat gedrukt staat en efficiënte mechanismen om fraude snel openbaar te maken, dringen zich nu meer dan ooit op. De wetenschappelijke gemeenschap wordt met de prangende vraag geconfronteerd in hoeverre de persoonlijke vrijheid van de wetenschapsbeoefenaars en de impliciete betrouwbaarheid van de collega-onderzoekers zullen moeten worden opgeofferd voor de beteugeling van fraude in de wetenschap.

Kohn A. 'False Prophets. Fraud and Error in Science and Medicine'. 1986, Oxford: Basil Blackwell, Oxford, blz. 84-88.

Broer Scholtens

Wind mee

De afgelopen tien jaar zijn tientallen miljoenen guldens besteed aan onderzoek en ontwikkeling op het gebied van windenergie. Nu kan er worden geoogst. Wanneer alle plannen worden verwezenlijkt zal dit jaar een groot aantal windparken worden gebouwd, gedeeltelijk gefinancierd door de overheid. Ook zal het proefwindpark in het Friese Sexbierum in gebruik worden genomen.

De bouw van windmolens heeft de afgelopen jaren een kabbelend karakter gehad ondanks vaak ambitieuze plannen en grootse ideeën. Tot nu toe draaien er verspreid over het land 180 molens, goed voor een elektrisch vermogen van acht Megawatt. Een schijntje gezien het totale elektrische vermogen van 15 000 Megawatt dat in het landelijke net staat opgesteld. Om precies te zijn een kwart promille van de stroomproductie komt van windmolens. Er zijn teveel windmolenfabrikanten op een markt, die dermate klein is dat geen van allen de broodnodige serieproductie tot stand heeft kunnen brengen. En dat is één van de noodzakelijke voorwaarden om windenergie concurrerend te maken ten opzichte van conventionele stroomproductie.

Eind 1985 kwam het ministerie van Economische Zaken met het langverwachte stimuleringsplan, dat door het creëren van een markt de Nederlandse windmolenindustrie op poten moet helpen. Het ministerie trok tot 1991 bijna

130 miljoen gulden uit. Zeventig miljoen gulden is bestemd om potentiële investeerders in windmolens, zoals de elektriciteits- en distributiebedrijven, over de streep te trekken. In het eerste jaar — 1987 — is de subsidie het hoogst. Naarmate serieproductie op gang komt, neemt die subsidie af tot nul in 1991.

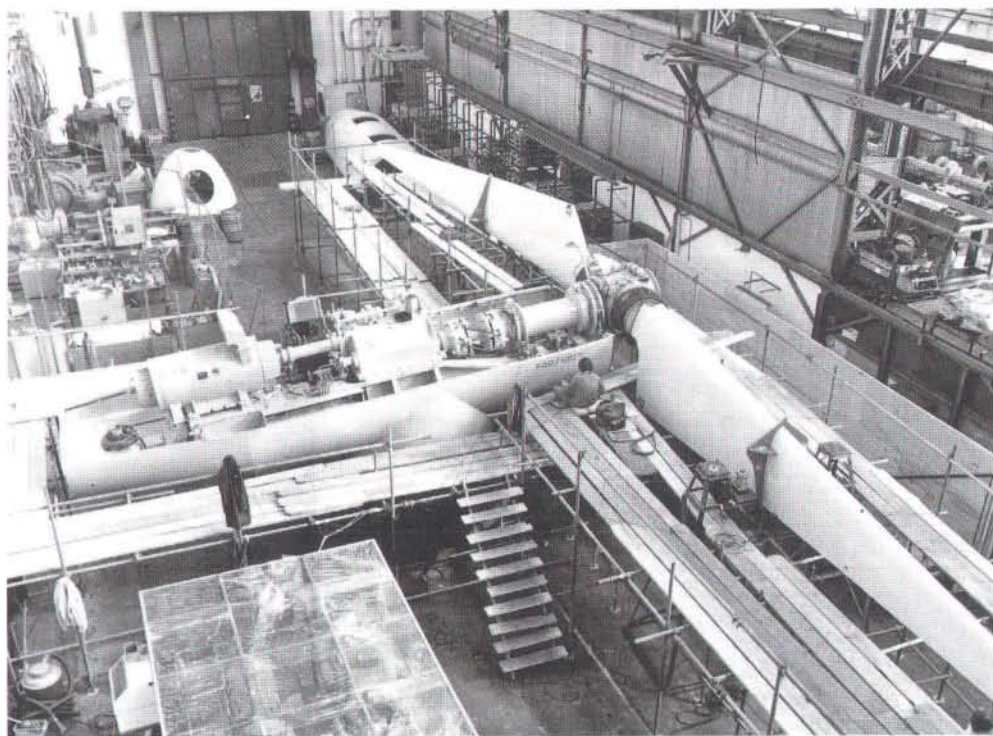
Er zal in Nederland slechts plaats zijn voor twee à drie fabrikanten van windmolens

Windmolenfabrikanten beschikken over bijna veertig miljoen gulden waarmee ze hun produkt kunnen verbeteren. Een resterend bedrag van 21 miljoen gulden is bestemd voor fundamenteel onderzoek, gericht op lichtere constructies vooral voor grotere molens met een elektrisch vermogen van 1 Megawatt. Naast het geld dat het ministerie van Economische Zaken beschikbaar heeft gesteld, komt het ministerie van Milieubeheer nog eens met tien miljoen gulden over de brug in de vorm van een milieupremie voor eigenaren van windparken of -molens.

Het doel is met dit overheids-geld voor 1991 100 tot 150 Megawatt aan windvermogen te realiseren. Het gaat dan om zo'n 500 tot 1000 windmolens van 200-300 kilowatt elk. Dit

type maakt met de huidige kennis de meeste kans via serieproductie uit te groeien tot een commercieel produkt. Vanaf 1991 moet de windmolenindustrie zelfstandig haar weg vinden. Uiteindelijk moet dit leiden tot een windvermogen van 1000 Megawatt in het jaar 2000. Een bijgestelde prognose, want in 1981 hanteerde de overheid nog als doelstelling 2000 Megawatt. Eind 1986 werden vijftien plannen met een gezamenlijk vermogen van 30 Megawatt goedgekeurd. Voor die projecten, die voor eind 1987 moeten zijn gerealiseerd, is twintig miljoen gulden subsidie beschikbaar gesteld. Met de totale uitvoering ervan is 80 miljoen gemoeid. Het grootste park komt in de buurt van Harlingen, waar het Provinciaal Elektriciteitsbedrijf Friesland een park van veertig molens heeft gepland met elk een vermogen van 250 kilowatt. Een ander groot park komt op een ringdijk in de Noordoostpolder. Daar moeten 25 windmolens met elk een vermogen van 300 kilowatt verrijzen.

Voor 1987 waren er aanzienlijk meer plannen ingediend dan er subsidie beschikbaar was. Tot het eerste kwartaal van 1987 kon een keuze worden gemaakt uit 115 projecten met een totaal elektrisch vermogen van 95 Megawatt, waarvoor 62 miljoen gulden subsidie nodig is. Er is voor 1988 echter maar 30 miljoen gulden beschikbaar. Net zoals in 1987 zal er weer een schifting plaats moeten vinden. Opvallend is dat een Nederlandse windmolenbouwer, Bouma in Heerhugowaard, werkelijk kan profiteren van de subsidieregeling om serieproductie te beginnen. Bouma levert in zowel 1987 als 1988 veruit de meeste molens, zo'n 100 tot 150 per jaar.



Bouma heeft de meeste ervaring met de levering van grote aantallen windmolens. Als enige Nederlandse windmolenbouwer leverde Bouma de afgelopen jaren enkele tientallen windmolens aan Californië, windstaat bij uitstek, dank zij zeer profijtelijke belastingfaciliteiten. Deze Amerikaanse ervaring heeft Bouma een voorsprong gegeven op de Nederlandse markt, omdat hij al een zekere prijsverlaging heeft kunnen doorvoeren.

Eén van de grote problemen bij de realisering van de windmolenplannen is de planologische inpassing. Weinig gemeenten zijn bereid windmolenparken binnen hun grenzen te tolereren. Het pikante fenomeen doet zich nu voor dat elektriciteitsbedrijven, die jaren weigerden te investeren in windparken, nu wel die be-

reidheid hebben maar gemeenten op hun weg vinden. Nog pikanter is dat vaak lokale milieugroeperingen protest aantekenen tegen de komst van windparken: horizonvervuiling en mogelijke schade aan de vogelstand. Die milieugroepen roepen de overheid te hulp om de lokale planologische problemen het hoofd te bieden.

Een ander probleem is dat er nog tien tot twintig windmolenfabrikanten ontwikkelingsgeld hebben aangevraagd om hun produkt te verbeteren. Gezien de beperkte markt in de toekomst zal er in Nederland maar plaats zijn voor twee à drie fabrikanten met jaarlijks een serieproductie van enkele honderden molens. De fabrikanten weigeren samen te werken. De overheid is echter niet bereid via de subsidiekraan sanerend op te

Een windmolen in aanbouw in de fabriekshal. Deze zou later bij het ECN in Petten geplaatst worden. (Foto: FDO).

treden, wat leidt tot onnodige geldverspilling.

De verwachting is dat middelgrote windmolens (200-300 kilowatt), dank zij het openbreken van de markt via subsidiegelden, begin jaren negentig concurrerend op de markt kunnen worden gebracht. Middelgrote windmolens nemen relatief veel ruimte in ten opzichte van molens met een vermogen van 1-4 Megawatt. De Nederlandse industrie is hard op weg een vooraanstaande positie op dit mega-gebied in te nemen. In veel landen – de VS en Duits-

land — is in het verleden vaak direct opgeschaald naar molens met een vermogen van enkele Megawatts. Prestigeprojecten, die al na een paar jaar moesten worden afgebroken. Het ontwerpen en bouwen van Megawatt-molens is

Voor 1987 waren er aanzienlijk meer plannen ingediend dan er subsidie beschikbaar was

vergelijkbaar met dat van een vliegtuig. Het vereist veel kennis van aerodynamische belastingen, van materialen (vezelversterkte kunststof) en van elektronica.

In Nederland is de mega-ont-

wikkeling geleidelijk gegaan. In 1981 is bij het ECN in Petten een 250-kilowattmolen neergezet, volgestouwd met meetinstrumenten. Op basis daarvan is gewerkt aan verdere opschaling naar megamolens. De eerste Megawattmolen — nog vijf maal te duur — is eind 1985 in gebruik genomen in Medemblik. De bedoeling is de komende jaren nog eens achttien megamolens — elk 1 Megawatt — te bouwen. De geavanceerdheid van de technologie zal geleidelijk worden opgevoerd. Het gaat bijvoorbeeld om het gebruik van flexibele bladen, die in staat zijn de onregelmatige windbelasting beter op te vangen. Het gebruik van flexibele bladen leidt tot goedkopere constructies. De verwachting is dat geavanceerde Megawattmolens halverwege de jaren

negentig het commerciële tijdperk zullen bereiken. Daarmee heeft de Nederlandse fabrikant van die molens, FDO, onderdeel van het VMF/Stork-concern, een voor-sprong op de internationale concurrentie.

Naast alle voorgaande ontwikkelingen, gericht op serieproductie van middelgrote en grote windmolens, is er nog het experimentele windpark bij het Friese Sexbierum dat dit jaar in gebruik zal worden gesteld. Achttien molens met een gezamenlijk vermogen van ruim 5 Megawatt moeten de komende jaren kennis opleveren omtrent het gedrag van windparken in het elektriciteitsnet. Het windpark — kosten vijftig miljoen gulden — is volgestouwd met meetapparatuur. Nederland wordt weer een windnatie zoals in de vorige eeuw. ■

Reinhold Löffler



Biotechnologie in Zimbabwe

Annelies Stolp

Dr A.I. Robertson is docent aan de vakgroep plantenveredeling van de Universiteit van Zimbabwe. Hij was begin dit jaar in Amsterdam, op bezoek aan de Vrije Universiteit om de mogelijkheden van een samenwerkingsverband tussen beide universiteiten te onderzoeken. Op zijn instituut wordt gewerkt aan het veredelen van landbouwgewassen. Men probeert bijvoorbeeld om enkele rassen resistent te maken tegen infectieziekten en de opbrengst van de landbouw te vergroten en te stabiliseren. Daarbij wil men meer gebruik gaan maken van technieken als weefselkweek en DNA-recombinatie. Deze moderne biotechnologische methoden worden vaak nog gezien als een bedreiging van de landbouw in ontwikkelingslanden omdat biotechnologie het mogelijk maakt exportprodukten van ontwikkelingslanden te vervangen. Het onderzoek in Zimbabwe laat zien dat dit niet altijd waar hoeft te zijn. Ook in de Derde Wereld kan DNA-recombinatie een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van de landbouw. Op het onderzoeksprogramma van de universiteit van Zimbabwe staan ondermeer de ontwikkeling van meer en betere preparaten om sojaplanten te infecteren met stikstofproducerende bacteriën. Het eiwitrijke soja kan in Zimbabwe alleen groeien als het extra stikstof krijgt en kunstmest is voor deze regio te duur. Op het ogenblik zijn de bacteriepre-

paraten alleen bereikbaar voor de grote boeren. In het nieuwe programma hoopt men het ook voor de vele kleinere boeren in het binnenland te kunnen maken. Het belangrijkste doel van die inspanningen is een stabiele voedselvoorziening in Zimbabwe en in de omringende frontlijnstaten. Zimbabwe is voor deze regio aangewezen als centrum voor de landbouwkundige ontwikkeling. Dat is geen luxe want op het ogenblik mislukt in het droge zuiden van Zimbabwe één op de drie maïsogsten vanwege de droogte.

■ Betere landbouw

Aan de universiteit van Zimbabwe bestaan op het ogenblik twee onderzoekslijnen. Dr Robertson werkt vooral met weefselkweektechnieken. Met behulp daarvan probeert hij aantrekkelijke erfelijke eigenschappen van landbouwgewassen te vermenigvuldigen. Hij heeft bijvoorbeeld een cassavevariëteit met een hoger zetmeelgehalte ontwikkeld die via deze techniek op grote schaal verspreid zou kunnen worden. Via DNA-recombinatie proberen collega's van hem momenteel de virusresistentie van aardappels en aardbeien te vergroten. Dr Robertson wil proberen beide technieken te koppelen. Daartoe moet volgens hem een team van onderzoekers worden gevormd met uiteenlopende deskundigheid. Om dat te realiseren heeft hij

de hulp van Nederland nodig. Robertson: "Ik hoop op de VU te leren hoe we dat moeten aanpakken. Op de afdeling genetica is een techniek ontwikkeld waarmee men de celinhoud van twee verschillende gewassen kan laten fuseren. Met behulp daarvan zouden we in Zimbabwe een cassave kunnen ontwikkelen met de zetmeelproductie van maïs. Cassave is beter bestand tegen ons klimaat dan maïs. Wij hebben de basiskennis. We hebben de faciliteiten en de mankracht. Maar het ontbreekt ons aan vakmanschap. We hebben bijvoorbeeld een elektronenmicroscop, maar niemand kan ermee werken."

We hebben een elektronenmicroscop, maar niemand kan ermee werken

De Vrije Universiteit heeft volgens Robertson zelf ook belang bij een vorm van samenwerking met een ontwikkelingsland zoals Zimbabwe. "In Zimbabwe zijn veel gelegenheden om recent ontwikkelde methodes te toetsen, meer dan in Nederland. Voor studenten is het bovendien een buitenkans om stage te lopen in mijn land, om eens aan den lijve te ervaren wat het is om in een derde wereldland te werken. Als je ziet dat je bezig bent om levens te redden of daadwerkelijk bijdraagt aan de voedselvoorziening van duizenden kleine boeren, dan realiseer je je pas dat er goede redenen zijn om het soms langdradige wetenschappelijk onderzoek tot een bevredigend einde te brengen."

Het Strategisch Defensie Initiatief, de ruimteverdediging van president Reagan, wordt steeds meer geconfronteerd met twijfel aan de technische haalbaarheid. Een groep Amerikaanse fysici, onder leiding van de Nederlandse Amerikaan Nicolaas Bloembergen en Kumar Patel stelt dat nog minstens een decennium onderzoek noodzakelijk is om te kunnen beoordelen of zogeheten 'directed energy' wapens wel te realiseren zijn. In eerste instantie is het de bedoeling om bij een vijandelijke aanval de raketten in de aandrijvingsfase te onderscheppen met geleide projectielen, oftewel 'kinetic energy' wapens. Door kernraketten te ontwikkelen met een veel kortere aandrijvingsfase, zijn de vijandelijke projectielen korter zichtbaar en daarmee moeilijk op te sporen voor deze kinetic energy-wapens. 'Directed energy'-wapens, zoals laserstralen en een straal elementaire deeltjes zijn essentieel voor SDI om eventuele vijandelijke projectielen, ook bij een veel kortere aandrijvingsfase, uit te kunnen schakelen.

Voordat men zelfs kan denken aan een beslissing, zijn we alweer ver in de jaren negentig

Niemand van de commissieleden wilde zich tot een uitspraak over de haalbaarheid van het hele SDI-project laten verleiden. De conclusies van de groep natuurkundigen van de American Physical Society zijn echter zonder een dergelijke uitspraak al verstrek-

Geleerde twijfel aan SDI

Joost van Kasteren

kend genoeg. Zij stellen onomwonden dat er nog grote hiaten zijn in de wetenschappelijke en technische kennis nodig voor 'directed energy' wapens. Verder concluderen zij dat willen deze wapens ooit doen wat ze in het SDI-concept moeten doen, het uitgeschakelen van vijandelijke raketten, hun energetisch vermogen minimaal twee keer en in sommige gevallen wel honderd keer zo groot moet worden.

Met andere woorden, voordat men zelfs maar kan denken aan het nemen van een beslissing over SDI als strategisch concept, zijn we al ver in de jaren negentig, stellen de natuurkundigen.

Pessimistisch

Volgens het officiële SDI-programma, dat over een periode van zes jaar zo'n 25 miljard dollar gaat kosten, moet een dergelijke beslissing al in 1990 en liefst zelfs nog enige tijd daarvoor genomen worden.

Luitenant-generaal James Abrahamson, leider van het SDI-project, noemde het rapport van de natuurkundigen te pessimistisch. In een reactie wees hij op de doorbraken in het SDI-onderzoek, die plaatsvonden in de periode waarin het rapport van de American Physical Society werd doorgelicht op mogelijk geheime gegevens door het

ministerie van Defensie. De commissie was evenwel niet onder de indruk van die doorbraken. "Heel aardig", zei commissielid Andrew Sessler, voormalig directeur van het Lawrence Berkeley Laboratory, "maar die doorbraken zijn in verhouding slechts minieme stapjes".

Vanaf het moment dat president Reagan, tamelijk onvoorbereid, zijn Star Wars-speech afstak, in maart 1983, heeft het programma onder vuur gelegen van deskundigen. SDI zou, aldus Reagan, kernwapens overbodig maken omdat de VS en Europa beschermd zouden worden door een verdedigingssysteem in de ruimte. Binnen tienden van seconden nadat Sovjet kernwapens gelanceerd worden, de 'boost phase', worden ze via satellieten waargenomen en vernietigd door wapensystemen opgesteld in de ruimte of op de grond, welks vernietigende energie met de snelheid van het licht door de ruimte klieft.

In 1985 nam David Parnas ontslag als computerdeskundige bij het SDI-programma. Volgens hem was het onmogelijk om de uitgebreide software voor de SDI-computers te leveren zonder een enkele fout. De computers moeten echter foutloos werken, omdat de reactietijd in de orde van seconden, tussen waarneming en afvuren te kort is voor menselijke bediening. "Ik vind", zo zei hij toen, "het niet verantwoord om computerprogramma's die niet uitgetest kunnen worden, in te zetten als 'beslissers' op een nucleair slagveld".

Na kritiek van software-deskundigen volgt nu dan kritiek uit kringen van fysici. Eerder al hadden natuurkundigen hun twijfel geuit aan de haalbaarheid van SDI, maar de

'impact' van het APS-rapport zal vermoedelijk veel groter zijn. Niet alleen bestaat de APS-commissie uit de meest vooraanstaande experts op het gebied van de sleuteltechnologieën, zij hadden ook toegang tot en konden spreken met onderzoekers binnen SDI. Men mag dus gevoeliglyk aannemen, dat zij een zeer behoorlijk beeld hebben gekregen van de stand van zaken op dit moment. Het Amerikaanse ministerie van defensie heeft er zeven maanden over gedaan om het APS-rapport te ontdoen van 'geclassificeerde' gegevens. Veel is er niet uitgehaald.

Lasers

De natuurkundigen gaan in op de technische stand van zaken wat betreft de verschillende typen laserwapens. De meest geavanceerde lasers van dit moment zijn de chemische lasers, gebaseerd op waterstof- of deuteriumfluoride. Willen zij echter werkzaam zijn dan zal hun energie-output moeten veronderdovoudigen.

De hoop die de mensen binnen SDI stellen op vrije-elektronlasers en röntgenlasers lijkt vooralsnog niet terecht.



Nicolaas Bloembergen, een van de voorzitters van de SDI-commissie van de American Physical Society.

Röntgenlasers zijn voorlopig nog eigenlijk science fiction. Weliswaar heeft men er tijdens ondergrondse kernproeven mee geëxperimenteerd, maar de mogelijke haalbaarheid van een röntgenlaser die over grote afstanden meerdere doelen tegelijk kan uitschakelen, is volstrekt niet aangetoond.

Bij alle typen lasers die mogelijk in aanmerking komen

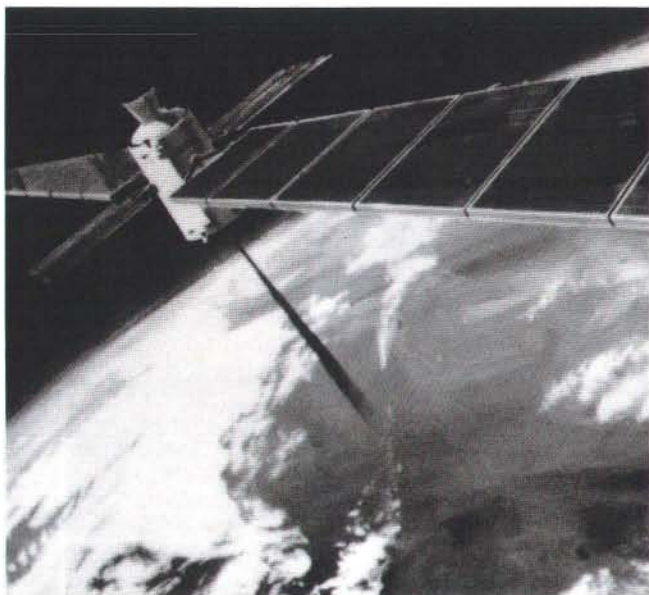
gezien van het feit dat een eerdere poging mislukte, omdat het richtprogramma voor de reflector fouten bevatte, vertelde men er evenmin bij, dat 'laser tracking' in het geodetisch (landmeetkundig) onderzoek al jaren gebruikelijk is. Over kortere afstanden lukt het wel, maar bij afstanden in de orde van tienduizend en meer kilometer, is het nog maar de vraag of er genoeg energie per vierkante centimeter overblijft om een kernraket te vernietigen.

Over 'elektronenstralen' zegt de commissie van natuurkundigen dat het misschien mogelijk is om een elektronenstraal over grote afstand door de ruimte te schieten. Een probleem daarbij is wel dat de elektronenstraal afgebogen wordt onder invloed van het magnetisch veld van de aarde. De SDI-oplossing, een plasmakanaal in de ruimte, gecreëerd door een laserstraal, berust louter op onbewezen veronderstellingen, aldus de commissie.

Een van de antwoorden op al die loken is het nucleaire hagelgeweer

Van vrije-elektronlasers weten we nog veel te weinig. Er staat er één bij de Universiteit van Californië, één in Frankrijk en er wordt er één gebouwd bij het FOM-instituut voor plasmafysica in Nieuwegein. Die laatste twee hebben overigens niets met SDI te maken.

voor gebruik in het SDI-concept is het focuseren van de straal over zeer grote afstanden nog een onopgelost probleem. In 1985 deelde men juichend mede dat men erin was geslaagd om met een laserstraal vanaf de aarde een reflecterende spiegel op de Space Shuttle te 'raken'. Af-



Een artist-impression van een lasersatelliet die een doel aanvalt.

Toch nucleair

De lasers illustreren overigens nog een ander probleem. Zij onttelen hun energie aan nucleaire reacties. Dat betekent dat bij stationering in de ruimte tientallen kernreactors eveneens in een baan om de aarde gebracht moeten worden. Nog afgezien van de vraag hoe veilig kerncentrales zijn, kan men zich voorstellen welk een storm van protest een dergelijke plaatsing zal oproepen.

Ernstiger nog is dat men met SDI weliswaar zegt de nucleaire wapens overbodig te maken, maar dat ze via een achterdeur toch weer ten tonele komen. Dat vereist enige toelichting. In het rapport van de American Physical Society wijzen de natuurkundigen op het probleem van misleiding van het SDI-systeem. Te zamen met de ballistische raket-

ten kan de Sovjet-Unie duizenden 'lokeenden' lanceren. Eén van de SDI-antwoorden op al die lokeenden is het 'nucleaire hagelgeweer'. Met een kernexplosie worden honderdduizenden kogeltjes weggeschoten, die de 'lokeenden' onschadelijk maken, zodat de echte kernwapens overgelaten kunnen worden aan de SDI-wapens. Het nucleaire hagelgeweer heeft als codenaam 'Prometheus' gekregen. Die Griekse held bracht echter het vuur vanuit de hemel naar de aarde. In de SDI-variant is het net omgekeerd. Het 'vuur' wordt weer teruggebracht naar de hemel. De twijfel of het ooit zal werken groeit echter nog steeds.

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:

Postbus 415, 6200 AK Maastricht.

Telefoon: 043-254044*.

Voor België:

Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.

Telefoon: 00-3143254044.

Bezoekadres:

Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:

R. van Eck: tel. 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers van de Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij.

Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementenprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:

f 99,50 of 1925 F.

Prijs voor studenten: f 77,50 of 1475 F.

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 9,25 of 175 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v.

Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31

t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving

natuur en techniek

Westantarktische ijskap stabiel

Diepzeeboringen in de Weddell Zee hebben aangetoond dat het extreem koude Antarctische klimaat en het Antarctische landijs geleidelijk zijn ontstaan. De boringen toonden eveneens aan dat de relatief hoge biologische productiviteit van de Antarctische Oceaan geologisch gezien een jong verschijnsel is. In het recente geologische verleden was het gebied niet uitzonderlijk rijk aan plankton. Van groot belang is dat er duidelijke aanwijzingen zijn gevonden voor de stabiliteit en duurzaamheid van het Westantarktische landijs. De ijskap is circa 8 miljoen jaar geleden ontstaan en onderging een onstabiele periode van afwisselende afsmelting en aanvriezing tot circa 5 miljoen jaar geleden, waarna stabilisatie in de huidige vorm optrad. Deze uitkomsten zijn in tegenspraak met de algemeen gangbare opinie dat het Westantarktische landijs instabiel is en onder invloed van het zogenaamde broeikasteffect versneld zou kunnen afsmelten.

Antarctica en Australië vormden tot circa 65 miljoen jaar geleden één geheel. Een smalle landtong verbond Antarctica ook met Zuid-Amerika. 65 tot 55 miljoen jaar geleden verplaatste Antarctica zich naar zijn huidige positie boven de Zuidpool. Een paar miljoen jaar later maakte Australië zich los van Antarctica en begon zijn noordwaartse tocht over de aardbol. In deze tijd kwamen er geen gletsjers op het zuidelijk halfrond voor.

Dank zij het oceaانبoringenprogramma weten we dat er aan het einde van het Eoceen, circa 37

miljoen jaar geleden, een belangrijke verandering in het circulatiepatroon van de oceaan plaatsvond. Deze verandering vormde de eerste stap naar de huidige IJstijd. Het oppervlaktewater rond Antarctica koelde plotseling dramatisch af. Het gevolg hiervan was dat het warme bodemwater van de oceanen werd vervangen door water dat ruim 10°C kouder was. Koud water bedekte voortaan de Antarctische shelfzeeën. Het drong baaien binnen waar vervolgens zeeijs ontstond, terwijl op het land de eerste gletsjers zich vormden. Deze afkoeling viel samen met een mondiale daling van de zeespiegel. Door de opening van de Drakepassage — 25 tot 20 miljoen jaar geleden — werd Antarctica een geïsoleerd continent, omgeven door een sterke kloksgewijze stroming. Het Antarctische klimaat had vanaf 37 miljoen jaar geleden een

gematigd karakter. De vorming van het landijs vond veel later, circa 15 miljoen jaar geleden, plaats. Sinds die tijd zijn er duidelijke aanwijzingen voor de aanwezigheid van ijsbergen bij Oost-Antarctica. Het ontstaan van deze ijskap vond merkwaardig genoeg in een relatief warme tijd plaats en hangt samen met paleogeografische veranderingen in de Noordelijke Atlantische Oceaan. In het begin van het Mioceen ontstond hier, onder invloed van plattentektonische bewegingen, een zeestraat tussen Groenland en Noorwegen. Tijdens het Midden Mioceen was de IJsland-Faroer-Rug zo diep afgezonken dat het koude water van de Noordelijke Atlantische Oceaan naar het zuiden kon stromen. Opwelling van dit relatief warme water rondom Antarctica veroorzaakte meer verdamping en daarmee een grotere sneeuwval op Antarctica. Dit leidde tot het ontstaan van het Oostantarktische landijs.

Circa 8 miljoen jaar geleden vond wederom een afkoeling plaats,



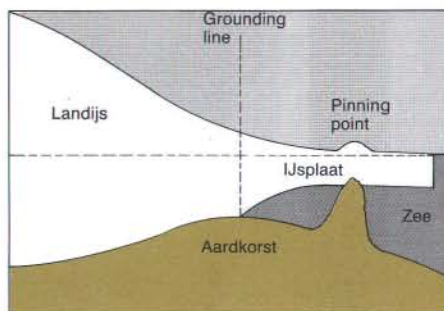
Het boorschip dat ingezet was voor het Ocean Drilling Program.

waardoor de Westantarktische ijskap ontstond. Deze instabiele ijskap veranderde voortdurend van vorm totdat circa 5 miljoen jaar geleden de huidige stabiele ijskap ontstond. Als gevolg van de grote toename van het ijsvolume op Antarctica daalde de zeespiegel en kwam de Straat van Gibraltar boven water te liggen, waardoor de Middellandse Zee opdroogde. Een ander gevolg van deze Miocene afkoeling was een vermindering van de regenval op het continent. In Oost-Afrika en Zuid-Azië leidde het drogere klimaat tot de vervanging van wouden door savannes. Deze verandering leidde eveneens tot het ontstaan van de mens doordat de bosbewonende primaten gedwongen werden zich aan deze nieuwe omgeving aan te passen.

De CO₂-huishouding in de atmosfeer wordt bepaald door de natuurlijke en menselijke CO₂-productie en de binding van CO₂ in de vegetatie, in de zee en in de mariene sedimenten. Daarbij spelen de poolzeeën een bijzondere rol. De koude zeeën nemen, zolang ze ijsvrij zijn, gasen relatief gezien gemakkelijk op en transporteren deze tot in de diepzee. Wanneer het CO₂-gehalte in de atmosfeer verduubt, kan de atmosfeer ten gevolge van de verminderde infraroodstraling gemiddeld één tot drie graden warmer worden (het broeikas effect). In het Noordpoolgebied is de opwarming vermoedelijk sterker en zou tot het verdwijnen van het Arctische pakijns kunnen leiden. Hierdoor zal de warmtestroming tussen oceaan en atmosfeer op het noordelijk halfrond sterk veranderen. De daaruit voortvloeiende consequenties voor de klimaat- en vegetatiezones laten zich met veel fantasie vaag beschrijven.

Volgens de aan het Instituut voor Meteorologie en Oceanografie van de RU Utrecht verbonden Antarcticadeskundige dr Hans Oerlemans zullen drastische veranderingen van de zeespiegel – van een meter of meer per eeuw

Schematisch overzicht van de toestand aan de rand van het landijs op West-Antarctica.



– alleen optreden als een flinke klimaatverandering de ijskappen van Groenland en Antarctica doet smelten. Deze kappen hebben een volume van respectievelijk 2,6 miljoen en 30 miljoen km³ ijs en vormen een zeer grote opslagplaats van water. Een vermindering van het ijsvolume van 1% heeft al een zeespiegelstijging van 70 cm tot gevolg.

Gesteld dat het klimaat inderdaad flink warmer wordt, dan kan dat betekenen dat òfwel de massabalans aan de oppervlakte van de ijskappen verandert, òfwel dat het ijs langzaam opwarmt, waardoor de ijsafvoer toeneemt, òfwel – en dat is de meest gevaarlijke variant – dat de halfdrijvende ijsplaten in West-Antarctica aan de onderkant afsmelten, wat rampzalige gevolgen kan hebben.

In het eerste geval zal er een onmiddellijke stijging van het zeeniveau merkbaar zijn. De massabalans in Groenland zal met 3% afnemen in 250 jaar bij een temperatuurstijging met 3%. De Antarctische ijskap zal daarentegen een beetje aangroeien (0,5%), doordat het daar zeer koud is en er in dit gebied even weinig neerslag valt als in de Sahara. Deze veranderingen, die tegengesteld zijn, leiden tot een zeespiegelstijging van ongeveer 10 cm per eeuw.

Toename van de ijstemperatuur, variant twee, geschiedt zo geleidelijk dat er pas na enkele duizenden jaren iets van te merken is. In dit geval is er dus geen reden tot ongerustheid.

Over de gevolgen van de derde variant – het afsmelten van de Westantarktische ijskap – is de laatste jaren veel gespeculeerd. Aangenomen werd dat deze ijskap instabiel is. De ijskap rust grotendeels op de bodem, die 500 tot 1500 meter onder de zeespiegel ligt. Vanuit het midden neemt de dikte van het ijs af tot de zogeheten *grounding line*, waar het ijs begint te drijven en overgaat in een ijsplaat. De Ross en Ronneplaten zijn het bekendst. Op de *grounding line* zijn ze nog 700 meter dik. De dikte neemt daarna af tot die van tafelijsbergen. De Westantarktische ijsplaten lopen op een aantal plaatsen (de *pinning points*) aan de grond en oefenen daardoor tegendruk uit op de ijskap.

De meest gangbare theorie is nu dat indien de zeewatertemperatuur toeneemt, er door een snellere afsmelting aan de onderkant van de ijsplaten, een situatie ontstaat waarbij de platen loskomen van de *pinning points*. Hierdoor valt de tegendruk weg en neemt de ijsafvoer sterk toe. Omdat de bodem van de ijskap zo ver beneden zeeniveau ligt, zou dit het begin betekenen van het uiteenvallen van de Westantarktische ijskap. Het gevolg van dit alles is dat de zeespiegel in een paar eeuwen wel vijf meter kan stijgen. De resultaten van leg 113 van het Ocean Drilling Program hebben aangetoond dat deze variant zeer onwaarschijnlijk is.

Dr Jan H. Stel

Ned. Raad voor Zeeonderzoek

Geen hot dog

Hamsters waren al 'ingevroren' en weer ontdood. Er loopt nu een hond rond, de beagle Miles, die ook zo'n koude ervaring achter de rug heeft en maanden later nog goed gezond is. Zijn bloed werd afgetapt en vervangen door een kunstbloed dat vooral niet klontert en gebufferd is om ernstige verzuring tegen te gaan. Een katheter in de longen om vochtophoping daar tegen te gaan bleek ook cruciaal. Enkele honden waren Miles vooraf gegaan en brachten het er minder goed van af: epileptische aanvallen, ademhalingsmoeilijkheden en longontsteking waren de verschijnselen, die voor een proefdier uiteindelijk een vroege dood betekenen.

De beagle werd verdoofd en voorzien van kunstbloed op ijs gekoeld. Een uur lang werd zijn temperatuur daarna op of beneden de 10°C gehouden. De hond was in dat uur dood. Na opwarming keerden de levensgeesten echter weer terug. Miles kreeg zijn eigen bloed terug en functioneert weer normaal honds.

Nu naar de apen, is de reactie van fysioloog Hal Sternberg aan de universiteit van Californië in Berkeley. En daarna de mens.

Waarom? Sternberg werd geciteerd in het Amerikaanse tijdschrift *Discover*: "Iemand met een ongeneeslijke ziekte zou ervoor kunnen kiezen gekoeld te worden tot de ziekte kan worden genezen. Of iemand die zwaar depressief is zou kunnen worden ingevroren in plaats van zelfmoord te plegen. Of misschien is er wel eens iemand die niet nu

maar in de toekomst wil leven." Een toepassing van de koeltechniek die iets meer aansluit bij de tegenwoordige medische praktijk zou afkoeling bij zware operaties kunnen zijn: vooral het kunstbloed biedt voordelen. Patiënten die een openhartoperatie ondergaan zijn tijdens de operatie aangesloten op de hart-longmachine waarin hun eigen bloed gecirculeerd wordt, maar wel beschadigd raakt, dat wil zeggen: de neiging heeft om stolsels te vormen. Koeling tijdens de operatie, gecombineerd met het gebruik van het kunstbloed zou voordelen bieden. Andere voordelen zijn dat het blikveld van de chirurg bij bloederige operaties niet meer ontnomen wordt en dat de patiënt geen vreemd bloed hoeft te krijgen.

(*Discover*)

BEZIENSWAARDIG

De Biologische Klok

Tot 23 augustus is in het Rijksmuseum van Natuurlijke Historie in Leiden de tentoonstelling 'Biologische Klok' te zien. De expositie besteedt aandacht aan een nauwelijks bekend systeem dat toch voor het goed functioneren en zelfs het overleven van organismen, ook van de mens, van groot belang is. In de tentoonstelling staat het skelet van de in november 1986 op de Maasvlakte aangespoelde noordse vinvis opgesteld.

De tentoonstelling maakt duidelijk wat de biologische klok is en wat hij doet. Het is een erfelijk bepaald systeem dat bij zoogdieren en bij de mens in de hersenen is gelokaliseerd. De orgaan- en lichaamsfuncties, zoals bloed- druk, spijsvertering, reactiesnelheid en prestatievermogen staan onder invloed ervan. Het ritme

van deze veranderingen is afgestemd op het dag/nacht-ritme. Behalve op het dag/nacht-ritme zijn er ook levensritmen afgestemd op eb en vloed en op de seizoensritmen. De tentoonstelling geeft van de verschillende soorten ritmen een aantal voorbeelden. Het meest opvallende voorbeeld is de noordse vinvis. Het is een voorbeeld van een dier dat trekt en de trek is weer een voorbeeld van een seizoenscyclus.

Onderzoek aan de biologische klok is moeilijk omdat het systeem zo complex is. Toch worden in de tentoonstelling enkele toepassingen van de huidige kennis van de biologische klok genoemd. Een belangrijke toepassing vinden we in de medische wetenschap waar men bij toediening van medicijnen in toenemende mate rekening houdt met de cyclische veranderingen van allerlei orgaanfuncties.

Behalve informatie en objecten biedt de tentoonstelling de bezoeker ook de mogelijkheid zelf een

aantal waarnemingen te doen, zoals het meten van zijn bloeddruk en zijn reactiesnelheid. De bezoeker kan ook ervaren hoe moeilijk het is om twee ritmen synchroon te laten lopen. Via een computerprogramma kan hij uitzoeken of hij een avond-, ochtend- of 'altijd'-mens is.

Enkele malen per dag worden twee videofilms getoond, één ervan laat zien hoe de gestrande noordse vinvis uiteindelijk als skelet in de tentoonstelling is gekomen.

De tentoonstelling is dagelijks geopend van 10.00-16.30 uur en zondags van 12.30-16.30 uur en wordt gehouden in de Horstus Botanicus, Rapenburg 73 in Leiden.

De entree tot de Hortus Botanicus is f 0,50 per volwassene en f 0,25 per kind. Een bezoek aan de tentoonstelling is dan gratis. Voor inlichtingen: ☎ 071-143844

Ruim te zien

Tot en met 30 augustus 1987 is in het Technisch Tentoonstellingscentrum van de Technische Universiteit Delft een bijzondere tentoonstelling te zien over stereoscopie met als titel *'Ruim te zien'*. In de expositie worden de basisprincipes van de stereoscopie met behulp van een aantal demonstratie-opstellingen behandeld. Daarnaast komen hedendaagse toepassingen van de stereoscopie in techniek en wetenschap uitvoerig aan de orde. Ten slotte wordt aandacht geschonken aan de wijze waarop verschillende kunstenaars van de stereoscopie gebruik maken om zich artistiek te uiten.

Stereoscopie is al oud, hetgeen moge blijken uit de geëxposeerde replica van de spiegelstereoscoop van Wheatstone uit ca. 1830. Stereoscopie is in de loop van de 19e eeuw erg populair geworden. Iedereen kent de ouderwetse stereoscopen voor het bekijken van stereofoto's van stadsgezichten, landschappen en personen. Van deze stereoscopen zijn er vele in de tentoonstelling te vinden, evenals de apparatuur, waarmee de stereofoto's werden gemaakt. In de loop van de tijd ontstonden nieuwe methoden voor stereoscopisch zien. Ze komen er alle op neer dat linker- en rechteroog iets van elkaar verschillende beelden krijgen aangeboden. Een heel bekende ontwikkeling is die van de anaglyfen met in rood en groen over elkaar gedrukte beelden, die met een rood-groen bril moeten worden bekeken en dan ongekleurde driedimensionale beelden te zien geven. In plaats van rode en groene beelden kan men ook beelden gebruiken met haaks op elkaar staande polarisatie-richtingen. Een bril met gepolariseerde glazen moet er dan voor zorgen, dat ieder oog het juiste beeld krijgt te zien. Met deze methode kunnen wel stereobeelden in kleur worden verkregen.

Stereoscopie is nog steeds zeer actueel, hetgeen moge blijken uit de vele moderne toepassingen daarvan, zoals bij de cartografie, die zelfs ondenkbaar is zonder stereoscopie, de geneeskunde, de chirurgie, de ruimtevaart, de biologie, de chemie, de meteorologie en de archeologie. Met vele voorbeelden worden deze toepassingen toegelicht.

Het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC is dagelijks geopend van 10-17 uur en op zondag van 13-17 uur. Het is gesloten op erkende feestdagen. De toegang is gratis.

Bij groepsbezoek aan de tentoonstellingen in het TTC wordt verzocht vóór met het TTC contact op te nemen (☎ 015-783038). Voor begeleiding kan desgewenst zorg worden gedragen. Voorts kunnen op verzoek enige films worden vertoond. Adres: Kanaalweg 4, 2628 EB Delft.

Door weer en wind

Wie praat er nooit over het weer? In het Natuurmuseum Nijmegen is tot 2 november de tentoonstelling *'Door weer en wind'* te bezichtigen.

Enkele weerbegrippen, de techniek van het meten van het weer toegepast door amateurs en het K.N.M.I., en het voorspellen van het weer worden uitgelegd. Daarnaast zal aandacht geschonken worden aan het weer over een langere periode: het klimaat en de seizoenen. Enkele modellen brengen ons van de verdeling van de klimaatgordels over de aarde, via het klimaat van Nederland tot het weer en het klimaat in de omgeving van Nijmegen.

De tentoonstelling wil vooral duidelijk maken op welke wijze het weer invloed heeft op het landschap, planten, dieren en mensen. Dit wordt gedaan aan de hand van verschijnselen, die in de

omgeving van Nijmegen te zien zijn. Zo is de stuwwal in Nijmegen een landschap, dat onder invloed van het klimaat tijdens en na de ijstijd gevormd is. In de Ooypolder kunnen we elk voorjaar en najaar de vogeltrek zien. De invloed van de mens op het weer komt ook aan bod. Voorbeelden hiervan zijn de ozonbreuk, het CO₂-broeikaseffect en het op kunstmatige wijze laten uitregenen van wolken.

Het Nijmeegs Natuurmuseum is te vinden in de Gerard Noodtstr. 21, 6511 SV Nijmegen. Inl. ☎ 080-230749.

Openingstijden: maandag t/m vrijdag 10.30-17.00 uur en op zondag van 13.00 tot 17.00 uur.

Stadswandelingen Brussel

Traditiegetrouw zijn er in de prachtige stad Brussel deze zomer weer een aantal begeleide rondwandelingen langs de vele bezienswaardigheden. Een excursie richt zich steeds op een ander deel van de stad. De volgende wandelingen beginnen om 10 uur 's morgens in de lokettenzaal van het Centraal Station: naar de Congreswijk (16 juli en 18 aug.); Grote Markt en omgeving (4 aug.); de Bovenstad (6 aug.); naar Zavel (11 aug.) en de Marollen (13 aug.). Op 28 juli en 25 aug. is er een excursie naar het Hortamuseum, aanvang 14 uur in de Amerikaanstraat 23-25, 1060 Brussel. 30 juli en 27 aug. is er een uitstapje naar het Hortapaviljoen in het Jubelpark.

De deelname is steeds gratis, alleen voor de toegang tot het Hortamuseum moet 40 F betaald worden. Opgave is verplicht, schriftelijk of telefonisch, bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, School en Museum, Koloniënstraat 29-31, 1000 Brussel, ☎ 02/5103656, in plaats van het laatste cijfer mag ook een 7 of 8 worden gekozen.

OPGAVEN & PRIJSVRAAG

Nederlandse Stoommachinemuseum

In het Noordhollandse Medemblik is het Stoommuseum gevestigd. Naast de vaste collectie van installaties en werktuigen met diverse typen stoommachines voor gebruik te land en ter zee is er een expositie ingericht over het waterschapsbestel, in het bijzonder het Waterschap West-Friesland. Er wordt een beeld gegeven van de ontstaansgeschiedenis van Noord-Holland.

Tot en met 17 oktober is het Stoommuseum geopend van

woensdag tot en met zaterdag van 10 tot 17 uur, op zondagen van 12 tot 17 uur. In de maanden juli en augustus is het museum ook op dinsdagen (10-17 uur) open. Vanaf 18 oktober is alleen groepsbezoek mogelijk, na afspraak met de conservator, inlichtingen ☎ 02274-4732.

Het museum is gevestigd in het Stoomgemaal De Vier Noorder Koggen, Oosterdijk 4, 1671 HJ Medemblik. Buslijn 144 van de NZH stopt voor de deur.

Oplossing mei

Te oordelen naar het aantal inzendingen en de verhouding goed/fout vonden de puzzelaars de opgave over het tralierooster knap lastig.

Het ging erom te laten zien dat de door een tralie afgebogen lichtbundels niet allemaal steeds dezelfde kant op bewegen wanneer het tralie gedraaid wordt.

Iedereen kent natuurlijk het geval waarbij de tralie loodrecht op de



Foto van de maand

De tweede dag mooi weer, eind juni in Maastricht. De jury van de fotowedstrijd verzamelt zich. De discussie duurt niet lang. De gekozen foto herbergt alle elementen om een maand regen,

wind en kou in af te reageren. Het is slecht weer geweest, zo meldt ons de foto, maar gelukkig schijnt de zon weer. De obers moeten alleen nog even met schop of ventilator in de weer. De prijswinnende foto is gemaakt door Roger Vanhaelewyn uit Mol in België.

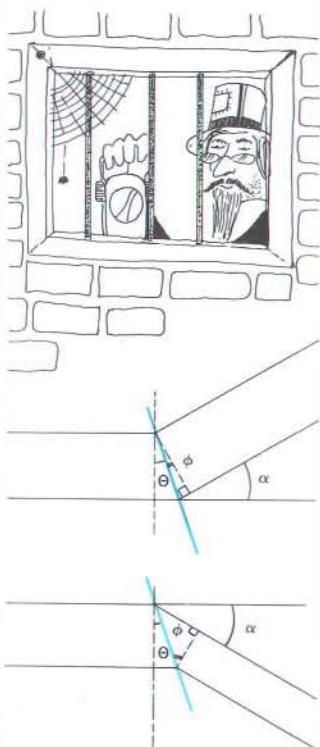
Nieuwe inzendingen voor de foto van de maand zijn welkom.

Adres:

Natuur & Techniek
Foto van de Maand
Postbus 415
6200 AK Maastricht



bundel staat. Voor de verschillende afgebogen bundels geldt dan $n\lambda = b \sin \phi$, waarin n de orde; λ de golflengte, b de afstand tussen twee tralies en ϕ de uittreehoek van de bundel ten opzichte van de niet-afgebogen nulde orde is. Voor de oplossing beschouwen we de gevallen A en B.



Bij A geldt:

$$n\lambda = b(\sin\theta + \sin\phi) \text{ met } \alpha = \theta + \phi.$$

Uit de eerste relatie volgt:

$$0 = \cos\theta + \cos\phi \frac{d\phi}{d\theta} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{d\phi}{d\theta} = -\frac{\cos\theta}{\cos\phi}$$

Uit de tweede relatie volgt:

$$d\alpha = d\theta + d\phi = \left(1 + \frac{d\phi}{d\theta}\right) d\theta$$

Substitutie geeft

$$d\alpha = \left(1 - \frac{\cos\theta}{\cos\phi}\right) d\theta$$

Als de bundel loodrecht invalt is

$$\theta = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow d\alpha = \left(1 - \frac{1}{\cos\phi_0}\right) d\theta < 0$$

Wanneer het rooster begint te draaien neemt α dus af. Het minimum bestaat bij

$$d\alpha = 0 \rightarrow \cos\theta_1 = \cos\phi_1 \rightarrow$$

$$\rightarrow \theta_1 = \phi_1 \rightarrow n\lambda = 2d\sin\theta_1 \rightarrow$$

$$\rightarrow \theta_1 = b\sin\left(\frac{n\lambda}{2d}\right)$$

$$\alpha_1 = 2\theta_1 = 2b\sin\left(\frac{n\lambda}{2d}\right)$$

Voor geval b vindt men analoog:

$$d\alpha = \left(1 + \frac{\cos\theta}{\cos\phi}\right) d\theta$$

Als $\theta = 0 \rightarrow d\alpha =$

$$= \left(1 + \frac{1}{\cos\phi_0}\right) d\theta > 0.$$

Hier neemt α dus toe en blijft dat doen omdat

$$1 + \frac{\cos\theta}{\cos\phi} > 0$$

voor de geldende hoeken. Er treden dus geen extremen op, de orden blijven dezelfde kant op bewegen.

Na loting onder de goede inzenders kwam L.H. van den Raadt uit Edam als winnaar uit de bus. Bovenaan de ladder verscheen met 43 punten J.M. Schouten uit Utrecht. Na deze winnaar staan nu vier deelnemers met 42 punten bovenaan de ladder. Dat wordt dus dringen geblazen de komende maanden.

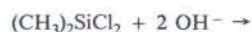
De nieuwe opgave

Een scheikunde-opgave, voor u uitgezocht door de organisatie van de Nederlandse Chemie Olympiade:

De analyse van een mengsel van dimethyldichloorsilaan, $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$, en methyltrichloorsilaan, CH_3SiCl_3 , kan op de volgende wijze worden uitgevoerd. Een dichtgesmolten glazen buis

(ampul), waarin een bekende hoeveelheid van het mengsel van silanen, wordt geplaatst in een dikwandig vat waarin zich een overmaat NaOH-oplossing bevindt. Het vat wordt gesloten en daarna wordt de ampul gebroken door het vat te schudden.

Bij het breken van de ampul treden de volgende reacties op:



De gevormde hydroxyproducten bestaan slechts kortstondig en vormen polymeren onder waterafplitsing.

Na de reactie wordt het vat geopend en de overmaat NaOH teruggetitreerd. Bereken met behulp van onderstaande gegevens de molpercentages van elk der chloorsilanen in het gegeven mengsel.

Gegevens:

- massa lege ampul: 4,6211 g
- massa ampul met te analyseren mengsel van silanen: 5,4515 g
- oorspronkelijke volume van de NaOH-oplossing: 25,00 ml
- concentratie NaOH-oplossing bij aanvang: $0,926 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- concentratie van de HCl-oplossing, gebruikt voor terugtitratie: $0,500 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- hoeveelheid gebruikte HCl-oplossing: 15,44 ml

Oplossingen moeten uiterlijk 10 augustus op de redactie zijn om mee te dingen naar de maandprijs en om geregistreerd te worden voor de laddercompetitie. Voor de ladder zijn 6 punten te verdienen.

Adres:

Natuur & Techniek

Prijsvraag

Postbus 415

6200 AK Maastricht

Vermelding van volledige naam en adres op de envelop stellen we zeer op prijs.

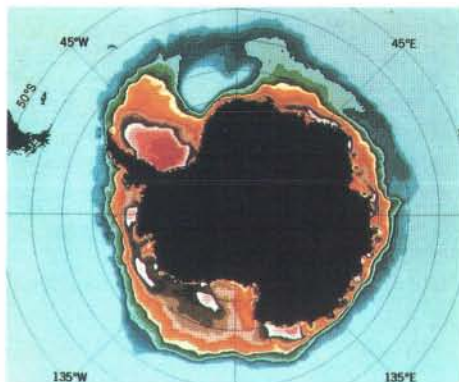
VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

Polymeren

Plastics en kunststofvezels zijn toepassingen van polymeren. Prof dr H. Berghmans laat zien hoe polymeren opgebouwd zijn, welke vormen er zoal zijn en hoe ze gemaakt worden. Omdat de eigenschappen van een polymeer zijn af te leiden uit hun moleculaire structuur, wordt hieraan veel aandacht besteed.

Oceanografie

De toepassing van satellieten met geavanceerde detectieapparatuur en de gegevensverwerking met de computer, hebben tot een doorbraak in de oceanografie geleid. Dr R. Frassetto laat zien hoe deze hulpmiddelen worden toegepast in de bestudering van de wisselwerking tussen zeeën en atmosfeer.

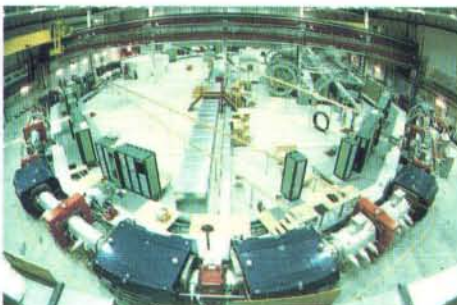


Vertical Take-Off and Landing

Zo lang als vliegtuigen bestaan, dromen constructeurs van toestellen die als een helikopter kunnen stijgen en dalen en tussendoor alle gunstige vliegeigenschappen van een vliegtuig hebben. B. van der Klaauw bespreekt een tweetal recente Amerikaanse ontwerpen van sprinkhaanvliegtuigen.

Sterke kracht

Wat maakt dat de protonen en neutronen in een atoomkern keurig bij elkaar blijven? Dat doet de sterke kracht, één van de vier fundamentele natuurkrachten. Drs. R.A. Kunne beschrijft de werking van deze kracht, waarvoor hij afdaalt in de wereld van mesonen, quarks en gluonen, waarin men kolossale instrumenten inzet om de allerkleinste deeltjes op te sporen.



Zweten is één van de manieren waarop het lichaam water verliest. Vroeg of laat moet dit verlies aangevuld worden. Wie dat nalaat komt in de problemen. Dr J. Willems gaat in op

Zweten

de waterhuishouding van het lichaam. Hij laat zien wat de risico's van uitdroging zijn en hoe marathonlopers abnormaal hoog vochtverlies verwerken.

De zomer is bij uitstek het jaargetijde om op de fiets te stappen. Dr ir G.J. van Ingen Schenau maakt studie van wat er dan verder gebeurt. Welke krachten spelen een rol? Wat gebeurt er als je een berg opgaat? Heeft het zin om een aerodynamisch wielerpak te dragen en waarom komt zijwind altijd van voren?

Fietsen



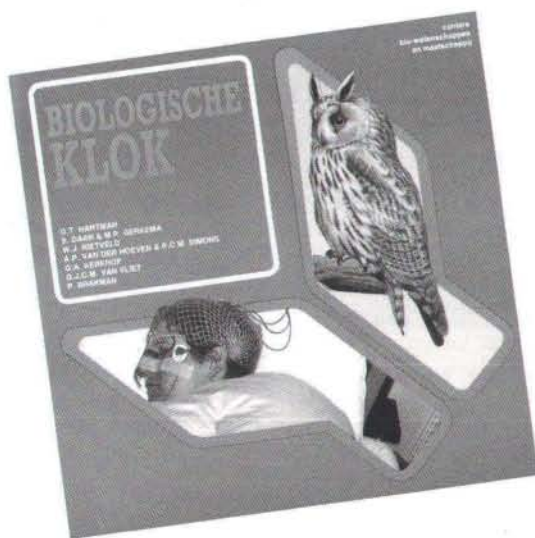
BIOLOGISCHE KLOK

Het begrip biologische klok gebruikt men om aan te duiden dat allerlei biologische processen met een eigen vast ritme verlopen en dat deze ritmen goed op elkaar zijn afgestemd. Sommige ritmen worden bepaald door de afwisseling van dag en nacht, andere door de seizoenen, de maan- en getijderitmen of het gedrag van soortgenoten.

Ook de mens heeft een biologische klok, die in een bepaald deel van de hersenen is gelegen en lichaamsfuncties als ademhaling, hartslag, stofwisseling en de aanmaak van hormonen op elkaar afstemt. We merken er pas wat van als de klok verstoord raakt, bijvoorbeeld bij het 's nachts werken en het maken van lange vliegtochten in oostelijke of westelijke richting. Een probleem bij het tegengaan van die effecten is dat niet precies bekend is hoe de biologische klok werkt en hoe de inwendige ritmen elkaar beïnvloeden.

Onderzoek naar de biologische klok richt niet alleen op de aard ervan, maar ook op toepassingen. Een resultaat daarvan in de landbouw is dat chrysanten tegenwoordig het hele jaar door te krijgen zijn. Ook het aan de leg krijgen en houden van kippen is mogelijk door op hun biologische klok in te spelen. Bij de mens onderzoekt men op welk tijdstip bepaalde geneesmiddelen het beste toegediend kunnen worden, om een optimaal effect aan een zo laag mogelijke dosis te koppelen.

Zojuist
verschenen



Inhoud en auteurs

Voorwoord

Tijdsignalen

G.T. Hartman

De evolutie van biologische ritmen

S. Daan en M.P. Gerkema

Op zoek naar de biologische klok

W.J. Rietveld

Beïnvloeding van biologische ritmen in de landbouw

A.P. van der Hoeven en P.C.M. Simons

24-Uurs ritmen bij de mens

G.A. Kerkhof

De bloemenklok van Linnaeus

Het forceren van bolgewassen
G.J.C.M. van Vliet

Het hartinfarct in de ochtend

P. Brakman

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 1 van de 12e jaargang.

Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.